Benjamin Farrington

26

Ciencia y filosofía en la Antigüedad

Ariel

CIENCIA Y FILOSOFÍA EN LA ANTIGÜEDAD

Librería Viridiana
Pasaje Artis
Telef. 351 14 25
VALENCIA

Benjamin Farrington

CIENCIA Y FILOSOFÍA EN LA ANTIGÜEDAD

EDITORIAL ARIEL, S. A.
BARCELONA

Título original:
Science in Antiquity

Traducción de
P. MARSET y E. RAMOS

Revisión a cargo de
J. M. LÓPEZ PIÑERO

Diseño cubierta: Hans Romberg

1.ª y 8.ª edición
en Colección Ariel Quincenal: 1971 y 1983

1ª edición
en Colección Ariel: octubre 1984

© 1969: Oxford University Press

Derechos exclusivos de edición en castellano
reservados para todo el mundo
y propiedad de la traducción:
© 1971 y 1984: Editorial Ariel, S. A.
Córcega, 270 - 08008 Barcelona

ISBN: 84-344-1025-7

Depósito legal: B. 31.969 - 1984

Impreso en España

Creative Commons

PREFACIO A LA EDICIÓN DE 1968

La publicación de este volumen en edición de bolsillo me ha dado la oportunidad de revisar algunos puntos, ampliar el capítulo sobre Aristóteles y escribir de nuevo el dedicado a la decadencia de la ciencia antigua, incluir citas de las fuentes y poner al día la bibliografía.

B. F.

Lymington,
diciembre de 1967.

De la sensación procede la memoria. De los recuerdos repetidos procede la experiencia, es decir, la capacidad segura para percibir el elemento universal entre varios recuerdos. Esta capacidad para distinguir lo universal de las cosas particulares es a su vez el origen de la técnica y de la ciencia, de las cuales la técnica se ocupa del devenir y la ciencia del ser.

Aristóteles, *Analíticos posteriores*, 100 a.

I. — EGIPTO Y MESOPOTAMIA

Ha sido costumbre casi unánime hasta tiempos muy recientes negar la existencia de cualquier clase de ciencia antes de los griegos. Hoy en día esto ya no es posible mantenerlo. Es verdad que la ciencia actual puede hacerse derivar, a través de una tradición continua, del brillante florecimiento ocurrido en el siglo VI a. de C., en la ciudad griega de Mileto en la costa de Anatolia. Pero es igualmente cierto que en fechas anteriores a la mitad del segundo milenio antes de nuestra era, o sea, mil años antes de los orígenes de la ciencia griega, se encuentran elementos claramente científicos, al menos en dos de las más antiguas civilizaciones orientales, las de Egipto y Mesopotamia. Aunque el puente que las unía con los comienzos de la ciencia griega haya desaparecido en parte por pérdida de la tradición histórica, no cabe duda de que existió una conexión, una influencia de esas antiguas civilizaciones sobre la griega. El objetivo principal de este libro es estudiar la historia de la ciencia griega desde sus orígenes, en el siglo VI a. de C., hasta su desaparición virtual en el siglo V de nuestra era. Pero desaprovecharía uno de los más fascinantes resultados de la investigación moderna si no fuera capaz de situar el logro de los griegos en su contexto histórico, es decir, las más antiguas civilizaciones del Próximo Oriente.

En el último capítulo intentaremos responder al importante problema de cómo se olvidó la dependencia

de la civilización griega de las más antiguas de Egipto y Mesopotamia. Por el contrario, nunca se ha perdido de vista la conexión de la ciencia moderna con la de los griegos, debido a que se constituyó como tal en el siglo XVII bajo la directa inspiración de éstos. Copérnico, Galileo y Newton fueron estudiosos de Ptolomeo, Aristarco y Euclides. Y Vesalio, el fundador de la anatomía moderna, estaba orgulloso de proclamar su deuda hacia el ejemplo y las enseñanzas de sus predecesores entre los antiguos griegos. En consecuencia, los historiadores de la ciencia tenían que reconocer la conexión de la ciencia moderna con la helénica. Por el contrario, era total la ignorancia en lo que respecta a la ciencia de los egipcios y mesopotámicos. Es verdad que los antiguos griegos reconocieron su gran deuda con las civilizaciones del Nilo y del Éufrates en lo concerniente a los saberes matemáticos y astronómicos. Pero los historiadores modernos, al carecer de medios para confirmar esta tradición, se contentaron con ignorarla o, por una mal entendida defensa de Grecia, se esforzaron hasta lo imposible en negarla. La historia de Grecia ha sido escrita con frecuencia como si su misión hubiese sido salvar a Europa de esa abstracción temible llamada orientalismo. Pero ello significa mantener a través de los tiempos un sentimiento sólo propio de la generación de Maratón y Salamis. La investigación seria ha reconocido la justeza del punto de vista griego, de que su propia civilización fue continuación de las más antiguas de Mesopotamia y Egipto.

Los progresos de la arqueología nos han proporcionado los medios para que podamos valorar la importancia de la deuda griega con las culturas del Próximo Oriente. En primer término, se descubrieron testimo-

nios escritos de sus civilizaciones en monumentos dc piedra, tablillas de arcilla cocida o en rollos de papiro. Más tarde, se consiguió resolver el difícil problema de leerlos. Los escritos cuneiformes de los asirios y persas, los escritos jeroglíficos y los hieráticos de Egipto nos han revelado sus secretos, y el material de esta manera recuperado, aunque deficiente, ha revolucionado nuestro conocimiento del pasado. Cuando la reina Victoria de Inglaterra llegó al trono, se consideraba el año 4004 a. de C. como el de la creación del mundo. Se aceptaba que la escritura había sido inventada por los fenicios hacia el siglo VII antes de nuestra era. Actualmente poseemos documentos escritos que se remontan casi a la fecha en la que los hombres de la época victoriana creían que el mundo había sido creado.

Fue así como adquirimos un conocimiento más adecuado de la historia y cultura de las viejas civilizaciones de Egipto y Caldea.

Muchos de los logros fueron tan grandes y obvios como para ser admitidos inmediatamente sin género de duda. Fue universalmente aceptado que en el tercer milenio antes de nuestra era, los hombres podían gobernar poblaciones muy numerosas, construir grandes ciudades y crear maravillosas obras de arte. Tuvo que admitirse que obras literarias de cierta ambición y variedad empezaron a aparecer ya en esa remota época. En torno al año 2800 vivió en Egipto el filósofo Kegemmi, cuyo libro de máximas fue un texto clásico. El gran código de leyes de Hammurabi, rey de Babilonia, fue escrito hacia el año 2000 a. de C. Por el contrario, hasta la aparición de pruebas evidentes en el presente siglo, la existencia de algo que mereciese el

nombre de ciencia fue una cuestión que podía ser discutida.

Antes de ocuparnos brevemente de las fuentes de la ciencia egipcia y mesopotámica, diremos dos palabras de un problema previo. La conexión entre ciencia y técnica en dichas culturas fue muy estrecha. Es verdad que el objetivo práctico de la técnica puede distinguirse de la finalidad teórica de la ciencia. El técnico quiere hacer algo, el científico quiere conocer. Pero nos hemos dado cuenta de que la mejor prueba de que nuestro conocimiento es verdadero es que nos posibilite hacer algo. La ciencia es continuamente verificada por la acción. También hemos empezado a percibir que, en sus orígenes, la ciencia no estuvo de hecho tan divorciada de fines prácticos como los historiadores han dicho a veces. Los libros de texto, ya desde los tiempos de los griegos, han tendido a ocultar la participación de elemento empírico en la adquisición del saber, por el deseo de presentar su contenido en el seno de un desarrollo lógicamente ordenado. Éste es, tal vez, el mejor método de exposición; el error consiste en confundirlo con los orígenes de la teoría. Detrás de la definición de Euclides de la línea recta como "la distancia más corta entre dos puntos", se adivina al albañil con su plomada. Y el descubrimiento reciente de un fragmento del *Método* de Arquímedes muestra cómo la comparación de los pesos de sólidos de diferentes tamaños le sugirió las relaciones de volumen que más tarde se demostrarían con rigurosa lógica. Fue siempre un problema práctico el que estimuló al mismo Arquímedes a descubrir su tornillo, su sistema de poleas, la idea del peso específico de los cuerpos. Las técnicas son un fértil semillero para la ciencia, y

el progreso desde un empirismo puro a un empirismo científico es tan gradual que se hace imperceptible.

Desde este punto de vista, los asombrosos logros técnicos de las civilizaciones antiguas deben considerarse como un paso en la consecución de la ciencia. Los egipcios, por ejemplo, descubrieron los metales en épocas tan tempranas como el año 4000 a. de C. Con anterioridad al año 3000 poseían un alfabeto, plumas, tinta y papel. La época de la construcción de las grandes pirámides se sitúa entre los años 3000 y 2500 a. de C. Por esta época los egipcios tenían también agricultura, quesería, alfarería, cristalería, tejidos, construcción de barcos y carpintería de toda índole. Esta actividad técnica descansaba en una base de conocimientos empíricos. Por ejemplo, en el tercer milenio poseían varios instrumentos de bronce. Estos instrumentos muestran una proporción constante de un doce por ciento de estaño, lo que da a la aleación un máximo de dureza sin fragilidad. Precisar tal proporción es ciertamente el resultado de una observación racional. No es del todo justo negar a esta observación el nombre de ciencia por el hecho de que quizá fuera transmitida por medio de la tradición en vez de haber sido escrita en un libro. Vesalio, en el siglo XVI de nuestra era, aún se impresionó tanto por la superioridad del aprendizaje práctico sobre la instrucción obtenida de los libros, que se sintió obligado a pedir perdón por imprimir en su tratado de anatomía los maravillosos grabados que se encuentran entre las principales glorias de la ciencia moderna. Afirma que lo hizo únicamente porque los estudiantes de medicina ya no se formaban en la práctica directa sobre el cuerpo humano.

Los egipcios no sólo conocían bien las proporciones

correctas del cobre y estaño para obtener el bronce más útil, sino que también poseían una técnica para templar la aleación por varios procedimientos destinados a asegurar su tenacidad, dureza o flexibilidad. También exigían soluciones técnicas sus trabajos con el oro, hilaturas, alfarería, caza, pesca, navegación, cestería, cultivo de cereales y lino, fabricación de pan y de cerveza, cultivo de viñedos y producción de vinos, corte y pulido de piedras, carpintería, ensambladuría, construcción de barcos y las muchas otras actividades tan minuciosamente representadas sobre los muros de las tumbas de los nobles en Sakkara (de 2680 a 2540 a. de C.). En todas estas técnicas se encuentra un germen científico, así como en la experiencia que les permitió edificar las monumentales pirámides, cortar y transportar los gigantescos monolitos, e inventar los fuelles, el sifón y el "shaduf" o cigoñal, pértiga que, descansando sobre un pie vertical y atándole una vasija a un extremo, sirve para sacar agua de pozos someros.

Pero todo este conocimiento técnico, a pesar de su importancia, todavía no es ciencia en sentido estricto. No contiene indicios de un intento de explicar todos los fenómenos del universo según un sistema inteligible de leyes naturales, que es el objetivo de la ciencia positiva. Podemos señalar que no poseemos pruebas de que nadie haya llegado a esta concepción antes que los griegos del siglo VI a. de C. Tampoco las tenemos de ningún intento de organizar científicamente desde la técnica una rama particular del saber. El logro técnico en sí mismo no es prueba de la capacidad de abstracción consciente, de la posibilidad de obtener leyes generales que rijan la variedad de los fenómenos y de utilizar estas concepciones generales para la organización del saber. En otras palabras, no tenemos

pruebas, procedentes de las varias técnicas que hemos mencionado, de que los egipcios estuvieran intentando clasificar las diversas sustancias que conocían y describir sus propiedades o hacer lo mismo con plantas y animales. No tenemos pruebas de que se preguntaran cómo una sustancia podía aparentemente cambiarse en otra, como el pan, por ejemplo, que el hombre come, podía convertirse en carne y sangre. Ni tampoco de que el sifón les forzara a considerar la posibilidad de un vacío o elevarse a generalizar que la naturaleza aborrece el vacío. En resumen, las fuentes técnicas no nos proporcionan pruebas ciertas de que los egipcios poseyeran la clase de curiosidad y el don para la especulación que son necesarios para la creación de la ciencia en sentido estricto. A pesar de que dichas técnicas son interesantes, importantes y esenciales para crear los conocimientos particulares sin los cuales la ciencia no puede existir, no constituyen auténtico saber científico. Si no tuviésemos más pruebas, deberíamos negar a los egipcios el mérito de haber atravesado el umbral del templo de la ciencia.

Estas pruebas las proporcionan en cierta medida los logros de los egipcios en astronomía. Un estado altamente organizado como el de los faraones egipcios es imposible sin calendario, y la introducción del primer calendario práctico se sitúa documentalmente en 4236 a. de C. Las actividades estacionales de los egipcios dependían necesariamente del crecimiento del Nilo, que coincide, a grandes rasgos, con el solsticio de verano, que a su vez coincide con la aparición helíaca de la brillante estrella Sirio. Es decir, que Sirio, tras un período de ausencia del cielo nocturno, aparece por primera vez en el solsticio de verano, justo antes de que el sol salga por la parte oriental del hori-

zonte; y esta aparición helíaca de Sirio anuncia el crecimiento del Nilo. La doble coincidencia fue observada por vez primera por los egipcios y usada por ellos para obtener un método preciso para corregir las ligeras inexactitudes de su calendario. El año egipcio fue dividido en 365 días con doce meses de 30 días, más 5 días "celestiales" o sagrados. Este calendario anual fue empleado por los egipcios para coordinar las múltiples actividades de su rico y populoso reino. No se intentó, como tampoco lo hemos hecho nosotros, que correspondieran los días del mes con las fases de la luna. Tampoco se hizo ningún intento para que el año de 365 días correspondiera con el año solar, que le excede en un cuarto de día. Nosotros hacemos el ajuste necesario con la introducción de un día adicional cada cuatro años. Los egipcios simplemente conservaron un registro de la divergencia, que se ajusta automáticamente cada 1.460 años ($365 \times 4 = 1.460$). Esta divergencia fue descubierta por observación directa de la aparición helíaca de Sirio, que cada cuatro años ocurría un día más tarde. Este gran ciclo de 1.460 años, intervalo tras el cual el año solar y el calendario coinciden de nuevo, es conocido como "período sotíaco", de Sothis, nombre egipcio de Sirio. Esto supone, por parte de los egipcios, conocimientos astronómicos e ingenio práctico. Pero como la astronomía egipcia estaba casi con certeza basada en observaciones babilónicas, no pondremos demasiado énfasis en ello como prueba de su capacidad científica.

Los logros científicos indudables de los egipcios corresponden a las matemáticas y a la medicina. Hemos llegado a conocerlos gracias a haberse conservado unos pocos papiros, o fragmentos de papiro, de los cuales el más importante para las matemáticas es el conocido

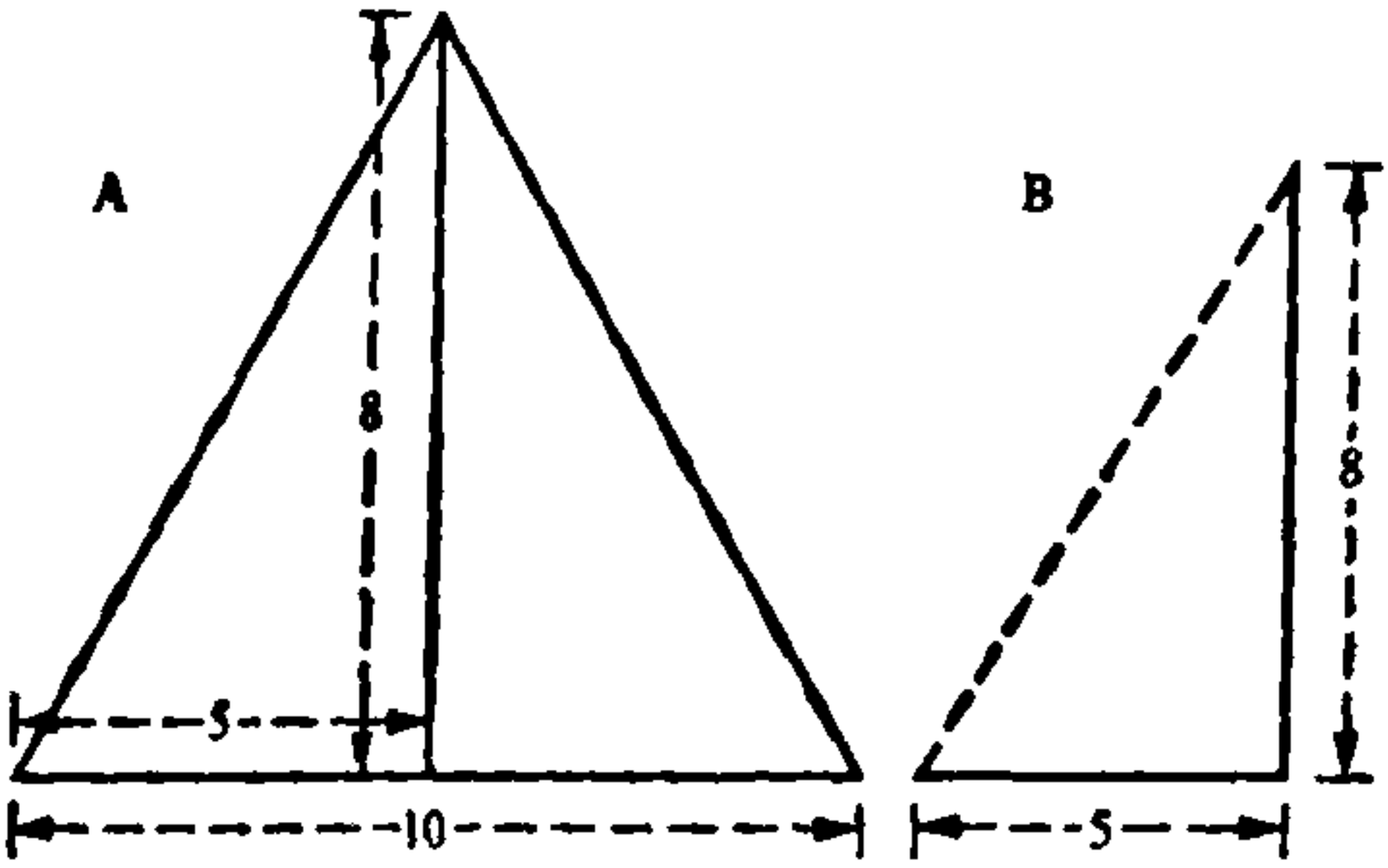
como papiro de Rhind, mientras que el único de importancia para la medicina es el papiro de Edwin Smith. Ambos documentos se encontraron juntos a mediados del siglo XIX, de manera que todo nuestro conocimiento de la ciencia egipcia escrita depende de un solo descubrimiento. Esto nos induce a pensar en el carácter accidental de nuestra información, y aconseja adoptar una actitud abierta en lo concerniente a la amplitud de la ciencia egipcia.

El papiro matemático fue escrito probablemente en 1650 a. de C., aunque copiado de un original anterior a 1800 a. de C. Su interpretación implica dificultades considerables, pero su existencia demuestra que los egipcios poseían un saber matemático elemental. Tenían un sistema decimal de notación, con signos para 1, 10, 100, 1.000, 10.000 y 100.000. El número de unidades, decenas, centenas, etc., está expresado, como en los números romanos, repitiendo el signo el número correspondiente de veces. Las operaciones de multiplicación y división eran ejecutadas por series de adiciones y sustracciones.

Poseían también cierto conocimiento de las propiedades de los números. Sabían que la suma de los cuadrados de 3 y 4 es el cuadrado de 5, y por el método de la proporción eran capaces de utilizar este conocimiento en sus cálculos. Lo relacionaron con el triángulo rectángulo, dándose cuenta de que en un triángulo con lados 3, 4, 5, el lado de 5 unidades subtiende un ángulo recto. Estaban, por tanto, familiarizados con un caso particular del teorema de Pitágoras y usaron este conocimiento para levantar perpendiculares.

En el papiro de Rhind se resuelven ciertos problemas de aritmética, geometría y medición. Uno de ellos parece demostrar una aplicación de las matemáticas a

una técnica antigua, la de construcción de pirámides, que procede del principio del tercer milenio. Si se tiene que recubrir una pirámide con piedra, ¿con qué ángulo deben ser cortadas las piedras? Se trata de un problema de triángulos proporcionales. Si la base de la



La fig. A muestra las proporciones de la pirámide; la B ilustra sobre la manera de encontrar el ángulo adecuado para cortar la piedra.

pirámide es de 10 unidades, y la altura perpendicular de 8, el problema se resuelve, como muestra la figura, midiendo 5 unidades en la base de la piedra que se va a cortar, levantando una perpendicular de 8 unidades, y completando el triángulo.

El testimonio sobre la medicina egipcia que proporciona el papiro Edwin Smith es de resultados aún más sorprendentes que el caso de las matemáticas. El papiro es un fragmento de un texto de cirugía que trata de las heridas, clasificadas por el sencillo procedimiento de recorrer el cuerpo desde la cabeza a los pies. Se ocupa del cráneo, la nariz, las mejillas, las orejas, los labios, las vértebras cervicales, la clavícula,

el hombro y el omoplato, el tórax y la mama, interrumpiéndose el manuscrito al comenzar a ocuparse de la columna vertebral. Cada tipo de herida es expuesto sistemáticamente. Primero se menciona la lesión, después se exponen los síntomas que descubre la exploración y luego el diagnóstico y el pronóstico, limitado a decir si la enfermedad es curable o incurable. Finalmente se indica el tratamiento.

Las indicaciones anatómicas son correctas y abundan. Existe un inicio de conocimiento fisiológico, siendo los párrafos más notables aquellos en los que el cuerpo se concibe como un organismo único del que el corazón es el órgano central. Los medios terapéuticos son escasos, pero privados por completo de carácter mágico. Todo el tratado es de mentalidad completamente positiva. La mente del autor está sujeta a la autoridad de los hechos observados, como puede apreciarse porque reconoce que ciertos estados son incurables. Se trata, en suma, de un conjunto de saberes que deben ser considerados como el resultado de una larga tradición de observación y reflexión. Como tal, es un trabajo científico en sentido estricto. Además, el mismo documento demuestra que las enseñanzas que contiene no eran nuevas. Los términos técnicos son explicados al lector. Por lo tanto, se puede presumir la existencia de un manual relativo a una rama tradicional del saber que podría remontarse hasta el cuarto milenio antes de nuestra era.

La ciencia babilónica, de la que vamos a ocuparnos ahora, es probablemente más antigua que la egipcia y sus fuentes son más abundantes. Los egipcios escribieron con pluma y tinta sobre papiro, un material perecedero. En los reinos de Sumer, Akkad y Asur, centros sucesivos de lo que por comodidad se ha

llamado cultura babilónica, la escritura se hacía con un estilete sobre tablillas blandas de arcilla que eran cocidas ulteriormente, por lo que constituían documentos prácticamente indestructibles. Los restos de la biblioteca de Asurbanipal (muerto el 626 a. de C.), ahora en el Museo Británico, son unas 22.000 tablillas de arcilla. En la biblioteca del templo de Nippur se encontraron otras 50.000, procedentes de fechas comprendidas entre el año 3000 y el 450 a. de C. Nuestro conocimiento de la ciencia babilónica está basado sobre este material.

Los babilonios, igual que los egipcios, estaban familiarizados con un sistema decimal de notación. Lo complementaron con un sistema sexagesimal que es uno de los inventos más sorprendentes de la ciencia antigua. Su notación decimal, que era esencialmente la misma que la empleada por los egipcios y más tarde por los griegos y romanos, se usaba para los números del 1 al 59. Para números mayores de 59 empleaban una notación sexagesimal cuyas bases eran 1, 60, 3.600 (60^2), 216.000 (60^3), etc. Encontramos aquí, con gran sorpresa, el modelo de la notación posicional, desconocida por los egipcios, griegos y romanos. Los símbolos en primera posición son unidades, en segunda son unidades multiplicadas por 60, en tercera las unidades multiplicadas por 60^2. Así, por ejemplo, el cubo de 16, 4.096, se escribe 1, 8, $16 = 1 \times 60^2 + 8 \times 60 + 16 = 4.096$. Para la notación posicional se requiere el signo cero. Los babilonios tenían un equivalente del mismo.

La notación babilónica, al combinar los sistemas decimal y sexagesimal, resulta farragosa. Es una circunstancia notable que, en Mesopotamia, el uso de la posición en la escritura de los números fuese conocido

con toda probabilidad hacia el tercer milenio. Los griegos, los más grandes matemáticos de la Antigüedad, nunca redescubrieron este invento, que sólo fue introducido en Europa hacia el siglo VIII d. C. procedente de la India. También es sorprendente la elección de una base tan grande como 60. Si, como parece probable, en esta elección influyó el hecho de que 60 es divisible por 2, 3, 4 y 5, se trata de una prueba más del consciente ingenio que presidió la elaboración de su singular notación.

Una característica de las matemáticas de los babilonios es su afición por las tablas, similares a nuestra tabla de multiplicar. Encontramos en sus fuentes tablas de multiplicar y dividir, tablas de los cuadrados de todos los números enteros hasta 60, una tabla de cubos de los enteros hasta 16, sin contar con las tablas de raíces cuadradas e incluso una tabla de raíces cúbicas. Hay también ejemplos de progresiones aritméticas y geométricas. Disponemos, por lo tanto, de abundantes pruebas de su capacidad matemática. Sin embargo, las tablas servían, como las nuestras, para el cálculo del interés y otras cuestiones semejantes, sin ir acompañadas de pruebas o teorías, de modo que, hasta donde llegan las fuentes, se puede considerar que la aritmética babilónica era fundamentalmente empírica.

La impresión de que las matemáticas de los babilonios son un saber que comienza a superar un estadio empírico se confirma al estudiar su geometría. Tenemos suficientes pruebas de la capacidad práctica de los babilonios para medir. Podían medir exactamente los campos y partes de edificios de forma irregular. Su método consistía en dividir el área en triángulos rectángulos, rectángulos y trapecios, cuyas áreas sabían obtener. Pero en dos tablillas que se sitúan en unos

2000 a. de C. encontramos algo más estrictamente teórico. Estas tablillas ofrecen fórmulas para determinar la longitud de la hipotenusa de un triángulo en función de los otros dos lados. Esto representa, nada menos, que un intento de resolver el famoso teorema de Pitágoras. El método babilónico nos muestra el proceso de tanteos sucesivos mediante el cual la mente humana avanza hacia la solución general de un problema de este tipo. Las tablillas nos ofrecen dos fórmulas, ambas empíricas, que dan sólo resultados aproximados a los exactos e intentan resolver únicamente un caso particular, principalmente el del triángulo en el que los lados que forman el ángulo recto están en la proporción de 10 a 40. Estamos, por tanto, muy lejos todavía de la célebre solución contenida en la proposición 47 del libro I de Euclides, pero se ha dado un gran paso en esta dirección. Los babilonios no se contentaron con medir la longitud de la hipotenusa, lo que hubiera sido empirismo puro. Intentaron resolver este problema *a priori*, establecer una regla, proporcionar una fórmula que ahorrara para siempre la tarea de medir. Se dieron cuenta claramente de que existe una relación constante entre las longitudes de los lados de un tipo particular de triángulo. Las primeras etapas de la ciencia son las más difíciles y el planteamiento de un problema es una contribución a su solución.

También debemos a los babilonios la división de la circunferencia, del círculo y de los cuatro ángulos rectos abarcados por la circunferencia en el centro, en 360 partes o grados. Esta invención capital fue tomada por los griegos y transmitida por ellos a Europa occidental. Si unimos a esta invención el hecho de que casi todas las medidas babilónicas, sean de longitud,

superficie, volumen, capacidad o peso, están basadas en 3 o 12, nos impresionará ver la profusión con que aplicaban los números en la regulación de su compleja civilización material. La uniformidad a que llegaron autoriza plenamente a llamar, a su convención, sistema de pesos y medidas. Esta sistematización, con la comparación de longitudes, superficies, volúmenes, ángulos y pesos que implica, es un paso enorme en el camino de la ciencia moderna. Significa una concepción de la cualidad abstracta de los números, así como una amplia educación popular de sus diversos usos. Ningún aspecto de la ciencia babilónica refleja de modo tan evidente la importancia que en ella alcanzaron los números y los cálculos exactos como la astronomía. Es verdad que tenía un componente supersticioso y que se desarrolló al servicio de ideas astrológicas actualmente desechadas. Pero las extravagancias de la astrología tenían una justificación que no debemos desestimar. Los fenómenos celestes tienen una influencia evidente sobre la tierra. La periodicidad de las estaciones y de la luz y la oscuridad dependen del sol, de tal manera que todos los vivientes, animales y vegetales, están sujetos de manera visible a esta gran fuente de calor y de luz. La luna es la medidora del tiempo, y allí donde las mareas son perceptibles, pueden ser relacionadas con su influencia, lo mismo que con el ciclo fisiológico de la mujer. Es natural tratar de extender esta influencia a los planetas, y todavía hoy, cuando decimos que un hombre es jovial, estamos usando el lenguaje de esta antigua creencia. Los sacerdotes babilonios fueron los grandes maestros de la astrología en la Antigüedad, y muchas de sus prácticas fueron condenadas como supersticiosas con toda razón. Pero de sus detenidas observaciones del

ciclo salió una ciencia verdadera que, independientemente de su ulterior desarrollo en manos de los griegos, es de la mayor importancia en la historia de la conquista intelectual del mundo por el hombre.

Entre las tablillas encontradas en Nínive, correspondientes al reinado de Sargón I, alrededor del 2800 a. de C., se encuentran los fragmentos de un verdadero tratado sobre esta antigua ciencia. Contiene calendarios rudimentarios con la aparición y otros aspectos de las diferentes constelaciones, que servían para obtener predicciones acerca del futuro del rey y del país. Se pensaba también que los planetas eran de suma importancia para la vida humana, por lo que sus movimientos eran cuidadosamente observados. Por el hecho de girar alrededor del sol (lo cual era naturalmente desconocido para los babilonios) las velocidades de los planetas presentan variaciones en relación con el curso anual solar, e incluso inversión de sus trayectorias. Todas estas irregularidades en el movimiento de los planetas, con sus cursos retrógrados y sus paradas, fueron observadas y registradas antes del siglo XII a. de C.

Los babilonios tenían un año helio-lunar de 12 meses de 30 días cada uno, es decir, un total de 360 días al año. Consiguientemente, cada seis años intercalaban un decimotercer mes para mantener el calendario acorde con las estaciones. Este problema de la regulación del calendario, del que nos ocuparemos en capítulos posteriores, condujo a los babilonios a determinaciones cada vez más precisas de la duración del mes y del año. Aparte de la necesidad impuesta por el calendario de realizar observaciones precisas sobre los cursos del sol y la luna, los babilonios tenían razones de índole astrológica para estudiar estos astros.

A los eclipses de sol y de luna se les atribuía gran importancia para el destino de la familia real y del país; y era de interés sumo que la aparición de un eclipse no cogiera por sorpresa. Por lo tanto, los ciclos de aparición de los eclipses de sol y de luna eran determinados con gran precisión. Debemos igualmente a los babilonios el conocimiento de la eclíptica, o recorrido aparente anual del sol a través de las estrellas fijas. Para facilitar su determinación, distribuyeron las estrellas situadas a cada lado de la misma en los doce signos del Zodíaco, determinando la anchura de esta zona zodiacal por la distancia dentro de la cual parece que los planetas se mueven a ambos lados del recorrido del sol.

Estas invenciones capitales de la eclíptica y de la zona zodiacal alcanzaron utilidad matemática gracias a la división babilónica de la circunferencia en 360 grados. Las distancias angulares entre los cuerpos celestes podían de esta forma observarse y representarse gráficamente con precisión. Una de las aplicaciones más sorprendentes de las matemáticas a la astronomía está recogida en una tablilla encontrada en la biblioteca de Asurbanipal en Nínive. La biblioteca es de mediados del siglo VII, pero el texto debe ser mucho más antiguo. Es un intento de tabular el progresivo aumento de la iluminación de la superficie lunar durante su cuarto creciente. Para este fin, el área de la luna se divide en 240 partes, sobre las cuales se afirma que la iluminación se extiende primero en progresión geométrica y después en progresión aritmética. Esta afirmación no corresponde a los hechos. Sin la posesión de instrumentos más exactos que los que poseían los observadores babilonios difícilmente podía verificarse. Sin embargo, este temprano esfuerzo de medir un fenómeno

físico es de capital importancia en la historia de la ciencia.

Una cuestión de interés es la clase de instrumentos que los astrónomos babilónicos usaron para conseguir tan notable serie de observaciones. Disponían de tres instrumentos, que parecen ser de su propia invención: el cuadrante solar, la clepsidra o reloj de agua y el "polos". Este último es un perfeccionamiento del cuadrante solar. Consiste esencialmente en un recipiente hemisférico con un indicador vertical en el fondo que llega exactamente hasta el centro de la esfera. La sombra del extremo del indicador recorre sobre el recipiente, en sentido inverso, el curso del sol a través del cielo. Posteriormente el "polos" fue acoplado a una esfera armilar adaptable, es decir, a un armazón esférico, que representaba la zona del Zodíaco con sus doce signos y su división en 360 grados. De esta forma también se podía usar como un reloj durante la noche. Bastaba para ello conocer el signo y grado del "polos" por el que se había puesto el sol. A cualquier hora de la noche se podía adaptar la esfera armilar de manera que los signos ocupasen en ella la misma posición que adoptaban en el cielo nocturno. Como había que girarlo para asegurar esta adaptación, el grado ocupado por el sol a su puesta tenía que desplazarse a lo largo de las líneas de las horas marcadas en el instrumento, de la misma manera que la sombra del indicador lo hacía durante el día. Así, durante la noche se podía leer la hora a partir de las estrellas, del mismo modo como se hacía durante el día a partir del sol.

Si bien el motivo que impulsaba a los babilonios a estudiar los cielos se basaba en creencias erróneas, sus observaciones a lo largo de cientos e incluso miles de años fueron anotadas con precisión y constituyeron

un material inapreciable para la ciencia. La supuesta relación entre los eclipses de sol y de luna y los movimientos de los planetas, y los destinos de los hombres sobre la tierra no ha sido verificada por la experiencia, aunque aún exista gente culta que consulta las predicciones del horóscopo. Sin embargo, fueron surgiendo gradualmente auténticas nociones científicas, al estudiar la conexión existente entre varios fenómenos celestes. Esta fue la primera demostración de una regularidad matemática en la ordenación de los fenómenos del universo, y dio al hombre la primera gran lección acerca del método y las posibilidades de la ciencia.

San Agustín en *De doctrina christiana*, a la vez que advierte a sus lectores acerca de las prácticas supersticiosas de los astrólogos, reconoce y describe adecuadamente el verdadero contenido científico existente en las antiguas doctrinas babilónicas. "El saber acerca de las estrellas — dice — se justifica lo mismo que el de la historia, porque a partir de la situación y movimiento de las estrellas en el presente podemos conocer con certeza cuál ha sido su curso en el pasado. Nos posibilita con igual certeza mirar hacia el futuro, no con dudosos pronósticos, sino sobre la base de cálculos certeros; no para conocer nuestro propio futuro, lo cual es fatua superstición de los paganos, sino el de las estrellas. Puesto que, así como uno que observa las fases de la luna en su curso, cuando ha determinado su tamaño hoy, puede decir también su fase en cualquier fecha de los años anteriores o venideros, de la misma manera pueden dar respuestas ciertas respecto a cada una de las estrellas los que las observan con conocimiento." Bajo el patronazgo de san Agustín, la astronomía, al menos en lo concerniente a la posición apa-

rente de los cuerpos celestes, entró a formar parte del programa educativo cristiano.

Hemos considerado hasta ahora brevemente los logros científicos del Próximo Oriente. En un libro como éste resulta imposible hacer otro tanto con los de las antiguas civilizaciones de China o India, cuya cronología no ha sido todavía establecida de modo preciso por la investigación. Lo que sí parece claro es que tres o cuatro siglos antes del comienzo de la geometría griega era normal, no sólo en Egipto y Babilonia, sino también en la India y China, una cierta comprensión de las relaciones sobre las que versa el teorema de Pitágoras. El grado de este conocimiento y la posibilidad de su difusión apartir de un centro común, son cuestiones que podrán ser contestadas algún día con una seguridad que ahora es imposible. Pero cuando se halle la respuesta, puede ser que ni Babilonia ni Egipto aparezcan como los exponentes más remotos de la civilización. Es posible que el Nilo y el Eufrates tengan que ceder ante Indo. Las excavaciones de estos últimos años en el valle de este gran río han sacado a la luz las ruinas de dos ciudades, Mohenjo-Daro y Harappa, separadas por unos seiscientos cincuenta kilómetros, que demuestran la existencia de una civilización insospechada hasta hoy. Se pretende que procede como mínimo del tercer milenio, por lo que sería rival de las de Egipto y Babilonia. Cuando las fuentes de esta civilización, incluyendo su escritura, hayan sido estudiadas e interpretadas, la de los logros científicos anteriores a los griegos quizá necesite ser escrita de nuevo.

II.—LOS ORIGENES DE LA CIENCIA GRIEGA

1.ª PARTE: LAS ESCUELAS JÓNICAS

Ha llegado a ser una costumbre, al considerar los orígenes de la ciencia griega, hablar del "milagro griego". Es una frase desafortunada para designar el gran avance intelectual que entonces tuvo lugar, ya que su principal característica fue precisamente eliminar lo milagroso de la naturaleza y de la historia y sustituirlo por leyes. Incluso como medio de subrayar la originalidad de la contribución griega, la expresión es demasiado fuerte. El "milagro" fue muy bien preparado por egipcios y babilonios. Ya en 1883 A. H. Sayce (en *The Ancient Empires of the East*), luchando por el reconocimiento de una idea tradicional entre los mismos griegos, afirmó, "la historia y civilización griegas no son más que una continuación de las del antiguo Oriente". Como ya hemos visto, ochenta años de investigación arqueológica han confirmado este punto de vista. Ni siquiera en un estudio como éste, consagrado a los griegos, pueden ser considerados como los primeros cultivadores de la ciencia. Parte del método y de los resultados de esta última pertenecía a la tradición de la cual eran herederos.

Los autores que todavía escriben la historia de la ciencia como si ésta empezara con los griegos, inician a menudo su relato, ocupándose de los elementos científicos que se pueden encontrar en las páginas de las

más antiguas fuentes de la literatura griega, la *Ilíada* y la *Odisea*. Encontramos en ellas datos sobre unas pocas estrellas y referencias a la medicina y la cirugía y a sus profesionales. La existencia de unos 150 términos para designar diferentes partes del cuerpo en relación con heridas de guerra, revela el estado del saber anatómico. Se habla también de herreros, carpinteros, alfareros y curtidores de pieles; de hilados y tejidos; del uso de abonos animales en agricultura; de oro, plata, plomo, hierro, acero, bronce, estaño y ámbar. Pero es obvio que no hay nada en todo ello de particular importancia para la historia de la ciencia, nada que no haya sido igualado por egipcios y babilonios en un período más temprano de la historia.

Sin embargo, con los griegos, un elemento nuevo e importante se introdujo en la ciencia. Este elemento es la filosofía especulativa, que constituye la cualidad específica, la auténtica originalidad de la ciencia griega. En opinión del autor, dicha cualidad se debe asociar a la *Ilíada*, que contiene ya una visión del mundo profunda y original que discurre como un fermento a través del pensamiento griego.

La gran originalidad de la *Ilíada* se basa en que los acontecimientos que forman la historia se presentan como procedentes de los caracteres de los actores. En la concepción del autor, acontecimiento histórico y carácter humano forman un todo, una unidad en la que los elementos pueden ser analizados pero no separados. Esta concepción convierte al hombre, en cierto sentido, en autor de su propio destino y no en un mero juguete en manos del Hado. Ello exige del poeta que sea un dramaturgo, un creador de caracteres, y tiende a aumentar la propia conciencia del lector. Nada más opuesto al fatalismo de la astrología caldea que la

concepción de voluntad y carácter humanos que predomina en la *Ilíada*. En ella aparecen ya claramente las notas cuyo eco recogería Shakespeare en su *Julio César*:

> *Los hombres muchas veces son dueños de sus destinos;*
> *la falta, querido Bruto, no está en nuestras estrellas,*
> *sino en nosotros mismos, que somos despreciables.*

El Aquiles de Homero es un hombre que ha escogido su destino. Es mejor una vida corta con honor que una vida larga y oscura. El caballeroso Héctor hace su elección en el transcurso del poema. Y el heroico temperamento de Ayax se revela, tal como señaló la crítica griega, en su plegaria a Zeus, cuando una espesa niebla ha rodeado el campo de batalla: "¡Haz el día claro y permítenos ver. Haz que así sea y una vez haya luz, destrúyenos!" Así sea, pero con luz. El grito de emancipación intelectual resuena a lo largo de la literatura griega en cien fórmulas que proclaman el saber como fundamento para una vida verdadera. Tal es el sentido de la mejor sentencia de Platón. "Una vida sin reflexión no es vida para un hombre."

Esta concepción del hombre como rector en cierta medida de su destino, da a los caracteres humanos de la *Ilíada* una grandeza moral nueva. A su lado, las figuras de los dioses homéricos se desvanecen en la insignificancia. Son sentidos más como mecanismo poético que como objetos de culto o de miedo supersticioso. Esta nota secularizada que destaca en la *Ilíada* es también característica de los comienzos del pensamiento científico griego, durante el siglo VI a. de C. El saber sistematizado de Egipto y Babilonia fue una tradición transmitida de generación en generación por

la clase sacerdotal. Pero el movimiento científico que empezó en el siglo VI entre los griegos fue íntegramente un movimiento laico. Fue creación y propiedad, no de sacerdotes que pretendían representar a los dioses, sino de hombres cuya única base fue apelar al sentido común de la humanidad. El pensador griego que emitía una opinión la defendía a toda costa. Pretendía conseguir validez objetiva para sus razonamientos; pero éstos eran sus propias contribuciones personales al saber y estaba dispuesto a defenderlas como tales. Por consiguiente, con los griegos empiezan a aparecer científicos individuales, y también a ser reconocida la cualidad específica del pensamiento científico.

Dicho de otro modo, la visión del mundo de los egipcios y babilonios estaba condicionada por las doctrinas de los libros sagrados, ortodoxia cuyo mantenimiento estaba a cargo de la clase sacerdotal. Los griegos no tenían libros sagrados, pero como fuente de su vida intelectual disponían de una poesía muy singular que mantuvo, como mecanismo poético, unos poderes sobrehumanos que manejaban a los hombres como si fueran juguetes, aunque tratando con máxima seriedad las acciones y los caracteres de los humanos. Esta poesía fue compuesta, probablemente el siglo IX a. de C. en Jonia. No es casual que en esta misma zona, tres siglos más tarde, hombres que usaban el mismo idioma realizasen el primer esfuerzo para explicar la naturaleza sin invocar la ayuda de poderes sobrenaturales. Los mismos griegos percibieron la conexión. Jenófanes de Colofón, poeta religioso de la generación siguiente a la que creó la ciencia jónica, se lamenta de la irreverencia de la *Ilíada* y protesta amargamente: "Todos desde el principio han aprendido de Homero". Homero creó el humanismo y el humanismo creó la ciencia.

La ciencia es en esencia un esfuerzo del hombre para ayudarse a sí mismo. Homero, en la *Ilíada*, emancipó al hombre de la tiranía de los dioses, a los que había temido desde los orígenes de la especie, enseñándole a considerarse a sí mismo como creador, hasta cierto punto, de su propio futuro. Durante unos cuantos siglos, el hombre avanzó con cierta confianza a lo largo del camino del saber, dándose cuenta del poder que da. Pero cuando el péndulo inició su retroceso, cuando el hombre empezó otra vez a inclinarse delante de los ídolos que él mismo había construido, cuando no tanto las imágenes que había esculpido sino los libros que había escrito llegaron a considerarse como divinos, el humanismo tocó a su fin y la ciencia también.

Homero, en la *Ilíada*, proporcionó a la ciencia jónica un sustrato secularizado que fue requisito previo para su desarrollo. En la *Teogonía* o *Genealogía de los dioses*, obra de otro poeta, esta vez no jónico sino de la península griega, encontramos otro aspecto del pensamiento griego que fue de importancia vital para el desarrollo de su concepción científica. Según este poema, la conciencia religiosa griega carecía de una teoría de la creación. Se afirma en él que en el principio fue el Caos, que el Caos produjo la tierra, que la tierra produjo el cielo y que del abrazo de ambos nació el resto de las cosas que existen. Se trata de una evolución o desarrollo espontáneo, concebido en el poema de una manera mitológica, pero sin ofrecer obstáculo al desarrollo de la ciencia positiva.

La *Teogonía* fue redactada probablemente en el siglo VIII. Desde mediados del siglo VII en adelante apareció una abundante producción de un nuevo tipo de poesía, elegíaca y lírica, que desafortunadamente sólo ha llegado hasta nosotros de forma fragmentaria. Se

diferencia de la que le precedió en que los poetas se ocupan de ellos mismos, convirtiendo sus propias acciones y pasiones en tema de una intensa poesía personal de manifiesto carácter íntimo. Sus grandes figuras fueron Arquílico, Safo y Alceo. Es una poesía de insuperable independencia de carácter y de maduro conocimiento de sí mismo. "Durante un breve período de esplendor", dice la introducción del *Oxford Book of Greek Verse*, "los que tenían el placer y el deseo de escribir tuvieron también una perfecta comprensión de sí mismos, que es la base de toda poesía personal". Fue precisamente en la época de los grandes poetas líricos (Tales fue contemporáneo de Safo) cuando comenzó la ciencia griega a partir de una parecida audacia e independencia de pensamiento. La ciencia es el producto de un tipo particular de hombres y de sociedad. No nace en el vacío. La ciencia griega parecerá menos milagrosa si recordamos el tiempo y lugar de su origen. Nació en la ciudad de Mileto, en la franja costera de Asia Menor. Esta ciudad estuvo en contacto directo con las más antiguas civilizaciones orientales; participó lingüísticamente de una cultura que tenía ya en su haber una brillante literatura épica y lírica; y era un activo centro mercantil y colonizador. La ciencia griega fue, por lo tanto, la resultante de un rico humanismo, una cultura cosmopolita y una emprendedora actividad mercantil.

Los nombres de los tres habitantes de Mileto que constituyeron la escuela jónica primitiva son Tales, Anaximandro y Anaxímenes. Su actividad cubre aproximadamente la primera mitad del siglo VI y tradicionalmente se les considera sucesivos, siendo cada uno discípulo directo de su predecesor. No tiene objeto discutir si fueron filósofos, o científicos, ya que en esta

época griega no es posible distinguir entre ciencia y filosofía.

Tales tiene fama de haber hecho importantes contribuciones a la geometría. Nos ocuparemos de ello más adelante. Lo verdaderamente interesante es que fue el primer hombre conocido que ofreció una explicación general de la naturaleza sin invocar la ayuda de ningún poder sobrenatural. Su teoría fue que todas las cosas son en última instancia agua. Reconoció tres formas de "lo que existe", vapor, agua y tierra, y creía que la niebla y la tierra son formas de agua. Adaptando una idea de la tradición egipcia, afirmó que el universo es una masa de agua en la cual nuestro mundo forma una burbuja. La tierra flota sobre el agua y tiene un arco de agua por encima, del cual procede la lluvia. Los cuerpos celestes, que son exhalaciones acuosas en un estado incandescente, flotan en el agua superior de la misma manera como la tierra flota en el agua inferior. El sol, la luna y las estrellas, cuando se ponen, no pasan por debajo de la tierra, sino que flotan a su alrededor, fuera del alcance de nuestra vista, hasta colocarse en su lugar de aparición en la parte oriental del horizonte.

Estas doctrinas, de contenido tan primitivo, son de orientación muy nueva. Su fundamento es una serie de sencillas observaciones, como el proceso de congelación y evaporación de agua, que parece mostrar la posibilidad de que el agua exista como niebla y como "tierra"; o el depósito aluvial en la desembocadura de los ríos, que parece indicar que la tierra gana terreno a expensas del agua; o el hecho de que todos los seres vivos perecen sin agua y por tanto son, en cierto sentido, agua. A partir de estas observaciones, Tales intenta dar una explicación de todo lo que existe. Hasta entonces dicha tarea se había realizado mediante his-

torias en las que se recurría al poder de los dioses. Esas historias se habían convertido en tradiciones religiosas conservadas por una casta profesional. Por el contrario, Tales no invoca ningún poder ajeno a la misma naturaleza. Expone su teoría como algo propio y para justificarla recurre únicamente a la experiencia de cada hombre, no exigiendo a nadie que la acepte a menos que la encuentre verdadera. Tales había aprendido algo de astronomía de los babilonios, que introdujo entre los griegos. Pero fue mucho más lejos que sus maestros porque sus doctrinas no se referían sólo al movimiento de las estrellas, sino que intentaban explicar su composición. La tierra y el cielo constituyen un todo unitario. Como todas las demás cosas, los cuerpos celestes son, en última instancia, solamente agua. Consiguió así una tremenda ampliación del dominio de la ciencia, una revolución de sus perspectivas. Para los astrólogos babilonios, las estrellas eran dioses; para Tales, eran vapor de una olla. Además de reducir a un orden el movimiento de los cuerpos celestes, su composición se convirtió en familiar para el hombre. La ciencia había conseguido un punto de partida inédito.

Aprovechando las enseñanzas de Tales, Anaximandro consiguió elaborar, durante una vida dedicada al estudio y a la reflexión, una teoría acabada del universo que expuso en una obra titulada *Sobre la Naturaleza*. Progresó respecto a Tales tanto en la cantidad de observaciones como en la calidad de su elaboración lógica.

El avance en lógica fue muy brillante. En vez de explicar todos los estados de la materia en términos de otro estado, como Tales había hecho, Anaximandro los dedujo de una sustancia primaria que llamó Ilimitado o Indeterminado. Se trata de un gran progreso

hacia la comprensión abstracta de la materia. La sustancia fundamental no es algo visible, o un estado de materia tangible, sino una especie de denominador común básico de todas las cosas sensibles al que se llega por un proceso de abstracción. Para entenderlo no basta con la vista o los demás sentidos, sino que debe ser aprehendido por la mente.

Anaximadro afirmaba que el Indeterminado debía ser eterno, infinito en cantidad y dotado desde el principio de movimiento, que probablemente concibió de tipo circular. Con estas premisas explicó la evolución del universo hasta su estado presente. Pensaba que el movimiento circular del Intederminado produjo un primer estadio de "determinación", en el cual el calor se separó del frío y formó una especie de envoltura alrededor de éste. Se basaba para ello en la observación de que el fuego sube hacia arriba y de que los grandes "fuegos", es decir, el sol, la luna y las estrellas, están en el límite más externo del universo. El efecto del calor sobre el frío es la evaporación. El mar está sufriendo de forma continua un proceso de evaporación y llegará a estar algún día completamente seco. Este hecho, sin embargo, pertenece al futuro; un hecho que ya ha ocurrido como resultado de la evaporación es que los vapores se han condensado y han roto la envoltura ígnea que envolvía el mundo. Esta envoltura ígnea ha sobrevivido en forma de ruedas de fuego que rodean el mundo, pero que no son visibles como tales, porque están envueltas por los tubos de vapor húmedo que rompieron la envoltura ígnea. Los tubos opacos están agujereados en ciertos lugares y a través de estas aberturas el fuego brilla en dirección a la tierra. Esta es la naturaleza real de los cuerpos celestes. Las ruedas ígneas con su envoltura de niebla, al girar alrededor

de la tierra, causan el tránsito nocturno de las estrellas y los recorridos del sol y de la luna. Los eclipses y las fases de la luna se producen por el cierre completo o parcial de las aberturas.

Sería posible, incluso con los pocos fragmentos que han llegado hasta nosotros, ampliar los detalles de este grandioso esquema, pero lo dicho basta para tener idea de su carácter general. Es un intento precoz de historia natural del universo, esencialmente de la misma índole que la hipótesis nebular de Kant y Laplace. Los lectores de los primeros capítulos de la *Outline of History*, de Wells, encontrarán una descripción de la historia y estructura del universo mucho más rica, naturalmente, en detalle, pero muy parecida en su concepción.

Otra prueba del progreso que en lógica significó Anaximandro es la siguiente: Tales pensó que era necesario que la tierra descansara sobre el agua, pero omitió decir sobre qué descansaba esta agua, mientras que Anaximandro prescinde audazmente de la necesidad de soporte. Su mundo se equilibra y permanece en su sitio por obra de "la equidistancia de todas sus cosas", para expresarlo con la frase que ha llegado hasta nosotros.

Por último, se debe a Anaximandro una teoría del origen de la vida que contiene hechos sorprendentemente modernos. Las criaturas vivientes, afirma, proceden del agua evaporada parcialmente por la acción del sol, habiéndose adaptado gradualmente a la vida sobre la tierra. Anaximandro dedujo que el mar cubrió en otros tiempos más superficie terrestre que en su época por la presencia de conchas y fósiles marinos por encima del nivel del mar. Como prueba de su teoría de que el hombre procedía de algún otro animal, con-

sideró el hecho de que el lactante humano es incapaz de valerse por sí mismo. Parece ser que pensaba que el hombre no podía haber surgido del agua en estado adulto porque el hombre no puede vivir fuera de la tierra, y que tampoco los lactantes humanos podían proceder del mar porque hubieran perecido. Poseemos únicamente fragmentos incompletos de su obra, de los cuales vamos a reproducir dos: "Los primeros seres vivos nacieron del agua y estaban cubiertos de una corteza espinosa; en una fase más avanzada se trasladaron a terreno seco y al caérseles la corteza cambiaron en poco tiempo su forma de vida". "Los seres vivos nacieron del agua cuando ésta fue evaporada por el sol. El hombre, al principio, parecía otro animal, concretamente un pez."

El tercero de los milesios, Anaxímenes, no ha legado nada tan grandioso como sus predecesores. Indudablemente, su lógica parece haber sido menos rigurosa que la de Anaximandro. Por ejemplo, rechazó la teoría de que la tierra está suspendida libremente en el espacio y se fue alejando de la concepción del Indeterminado, en favor de la teoría de Tales, llegando a afirmar que todo es vapor. Pero añadió un punto de vista interesante, que redime su sistema de ser puramente reaccionario. La sustancia adopta formas diferentes como resultado de un proceso de rarefacción y condensación. El vapor rarificado se convierte en fuego. Si se condensa se convierte primero en agua y luego en tierra. Todo depende de la cantidad de sustancia primaria que ocupe un espacio determinado. De esta manera se enriqueció la serie de ideas que permitían al hombre disponer de un universo inteligible.

En cierto sentido los filósofos naturales de Mileto habitaron un mundo que nos puede parecer muy pe-

queño. No llegaron a sospechar el enorme tamaño de los cuerpos celestes en comparación con el de la Tierra, ni las grandes distancias que los separan de nosotros. El autor de la *Teogonía* hizo nacer el cielo de la Tierra, y los filósofos de Mileto hicieron lo mismo. Todo el cielo era en esencia una exhalación o evaporación de la tierra, siendo su astronomía, por consiguiente, difícilmente distinguible de la meteorología. Pero compensaron estas limitaciones al enseñar que existe un número infinito de mundos que están en todo instante naciendo y dejando de existir. Más importante aún que todo esto es que su método fue correcto. Los fenómenos celestes y los terrestres eran en esencia para ellos lo mismo. Una de las peores taras de la ciencia antigua fue olvidar este punto de vista.

Es inseparable de la naturaleza del progreso científico que todo avance plantee problemas nuevos. Vamos a enfrentarnos ahora con uno de ellos, que constituye aún un gran problema para la filosofía y para la ciencia, y que, a través de los intentos que se han hecho para resolverlo, fuerza al científico a convertirse en filósofo y al filósofo a convertirse en científico. Los maestros de la escuela de Mileto habían expuesto puntos de vista muy impresionantes, pero ¿cómo saber si estaban en lo cierto? Su certeza no resultaba obvia para cualquiera, porque sus teorías estaban basadas en argumentos. No se podía ver ni las ruedas ígneas de Anaximandro, ni tampoco que la tierra estuviese suspendida en el espacio.

Parece ser que los filósofos de Mileto no se habían planteado esta cuestión de ninguna manera. Especularon sobre la base de lo que sus sentidos les ofrecían, sin considerar el problema de la validez científica de sus sensaciones o de sus argumentos. Fue otro filósofo jó-

nico, Heráclito de Éfeso, el primero que distinguió claramente los sentidos y la razón. Se le conoció como Heráclito el Oscuro, y una de sus oscuras frases afirma: "Nadie de aquellos cuya palabra he escuchado ha llegado a conocer que lo sabio está separado de todo". Si intentamos interpretar este proverbio en su contexto histórico, parece significar algo así como: la tierra existe, el agua existe, el fuego existe, el vapor existe. Vemos y sentimos estas cosas. Pero no vemos y no sentimos el Indeterminado de Anaximandro, ni los principios de rarefacción y condensación. Éstos son modos de comprender cosas, no de percibirlas. Si estas cosas constituyen la sabiduría, entonces la sabiduría es algo diferente del resto de las cosas.

Heráclito no parece haber tenido tanto interés por la observación como los hombres de Mileto. Fue un aristócrata, incluso de sangre real. Tales fue un mercader y se afirma que instruyó a los griegos en un método perfeccionado, procedente de los fenicios, para orientarse en el mar. Anaximandro hizo el primer mapa. Heráclito quizá despreció tan variada dedicación y tan continua curiosidad. "Mucho estudio —observó— no produce comprensión." Y fue en sabiduría o comprensión en lo que se especializó. Parece ser que extrajo sus propias teorías principalmente de la reflexión y que las expresó mediante enigmas. Sin embargo, sus teorías cosmológicas tienen un parecido evidente con las de los milesios. No podrían haberse formulado si Tales y Anaximandro no hubieran usado sus sentidos de forma tan adecuada.

Heráclito pensaba que la sustancia primaria es el fuego y que, por un proceso de condensación, se convierte, a través del "camino descendente", en vapor, agua y tierra, y de nuevo por un proceso de rarefac-

ción, a través del "camino ascendente", en agua, vapor y fuego. Como se ve no es nada más que una adaptación de las teorías de sus predecesores de Mileto. Tuvo, sin embargo, ideas profundamente originales. En primer lugar, recalcó con firmeza la inestabilidad de las cosas. Esta doctrina se resume tradicionalmente en una frase que quizá sea suya: "Todo existe en estado de continuo cambio". Esta teoría de la inestabilidad de las cosas la asoció a la opinión de que las pruebas de los sentidos son engañosas, ya que se refieren a cosas inestables. En segundo lugar, afirmó que la estabilidad relativa que puede encontrarse en las cosas se debe a lo que él llamó "tensión opuesta". Todas las cosas, mientras son lo que son, resultan del equilibrio entre las fuerzas que las llevarían hacia el "camino ascendente" o "descendente". Esta brillante teoría de una relativa estabilidad mantenida en el flujo de las cosas por el equilibrio de fuerzas opuestas, es el pensamiento dominante de su sistema. A su conocimiento lo llamó sabiduría, que no era un don de los sentidos sino de la razón: "Malos testigos son para el hombre ojos y oídos, teniendo alma de bárbaro". Pero el mensaje de los sentidos, cuando es adecuadamente comprendido, no reduce al hombre a un mundo personal, sino que lo pone en contacto con la realidad objetiva :"La razón es común (es decir, la misma para todos), pero los hombres viven como si comprender fuese privativo de cada uno; pero comprender no es más que exponer la forma en la que el Universo funciona".

Esta contraposición heraclitiana de razón y sentidos, se convirtió a partir de entonces en una cuestión crucial en el desarrollo del pensamiento griego. No debe suponerse, sin embargo, que corresponde a nuestra distinción entre mente y materia, si por mente se

entiende un principio inmaterial. Ningún griego llegó a admitir la existencia de una cosa inmaterial. Heráclito identificó la razón con el fuego. El alma para él era una partícula ígnea de la misma naturaleza que la de los cuerpos celestes o la del fuego en la tierra.

Heráclito estaba muy complacido de su propia profundidad. Le gustaba comunicar sus pensamientos en un estilo enigmático y depositó el libro que escribió en el templo de Artemisa en Éfeso, para que la inteligencia que estuviera dispuesta a enfrentarse con su oscuridad pudiera dirigirse allí y adquirir sabiduría. La posteridad ha ratificado el juicio que hizo sobre sí mismo. El enigma ha quedado reducido a unas pocas líneas de lenguaje incoherente, pero merece todavía ser consultado.

III. — LOS ORIGENES DE LA CIENCIA GRIEGA

2.ª PARTE: LAS ESCUELAS ITALIANAS

El capítulo anterior trataba de la historia del pensamiento científico griego en su primer hogar de Asia Menor. En la generación comprendida entre Anaximandro y Heráclito, refugiados que huían ante el avance persa llevaron el pensamiento griego al oeste, donde echó raíces en varias ciudades griegas de la península italiana y Sicilia. Las ciudades de Crotona, Elea y Acragas llegaron a ser sucesivamente los escenarios de su más activo desarrollo.

En su nuevo hogar de Italia, la filosofía se desarrolló según líneas muy diferentes de las que había seguido en Mileto. Adoptó inmediatamente un carácter más matemático y más religioso. La figura de Pitágoras, fundador de la primera escuela italiana en Crotona, es un tanto legendaria, pero es indudable que el movimiento que encabezó era esencialmente religioso y que a los miembros de su escuela se deben sorprendentes avances en aritmética y geometría. Bajo la influencia pitagórica se creyó que Dios, como Platón afirmaría algún tiempo más tarde, es siempre el geómetra.

Pitágoras fue, según el relato más digno de confianza, un exiliado de la isla de Samos. Las ideas religiosas que trajo consigo a Italia eran características de los de su generación en las islas y ciudades costeras de la franja griega de Asia Menor, siendo habitual aso-

ciarlas con el renacimiento espiritual surgido ante la amenaza del avance persa. También en Heráclito se refleja esta influencia, especialmente en su doctrina acerca de la inmortalidad del alma. Para él, como hemos visto, el alma o razón del hombre es una parte del fuego eterno. En un pasaje de sus escritos expone las implicaciones religiosas de su sistema con las siguientes palabras: "La vida y la muerte están presentes ambas en nuestra vida y en nuestra muerte; porque cuando vivimos nuestras almas están muertas y enterradas dentro de nosotros, pero al morir nuestras almas resucitan y viven".

En la hermandad pitagórica fue también corriente la doctrina según la cual el cuerpo es la tumba del alma. Se afirmaba la transmigración de las almas y se inculcaban diversas prácticas ascéticas destinadas a conservar el alma libre de contaminación por su encierro en el cuerpo. Aunque aquí no nos ocuparemos de este aspecto de la doctrina pitagórica, es importante recordar que las matemáticas pitagóricas siempre tuvieron algo de ejercicio religioso. Las propiedades del número y del espacio provocaban en ellos un temor místico y estudiar matemáticas era imitar la actividad del dios geómetra.

Las matemáticas griegas comienzan, como su filosofía natural, con Tales. Se dice que introdujo la geometría egipcia en Grecia y la desarrolló. Se cree que inventó un método para determinar la altura de una pirámide midiendo su sombra y otro para calcular la distancia de los barcos a la costa. También se afirma que probó que un círculo queda dividido en dos partes iguales por su diámetro. Este es un punto de gran interés, puesto que se ha considerado como cualidad distintiva de la geometría helénica el que los griegos,

al contrario que los egipcios y babilonios, fueron los primeros en dejar sentadas las condiciones que se requieren para establecer la demostración general de una verdad matemática. También se ha atribuido a Tales conocer, pero no el haber probado, que los ángulos de la base de un triángulo isósceles son iguales, y que si dos líneas rectas se cortan, los ángulos opuestos por el vértice son iguales.

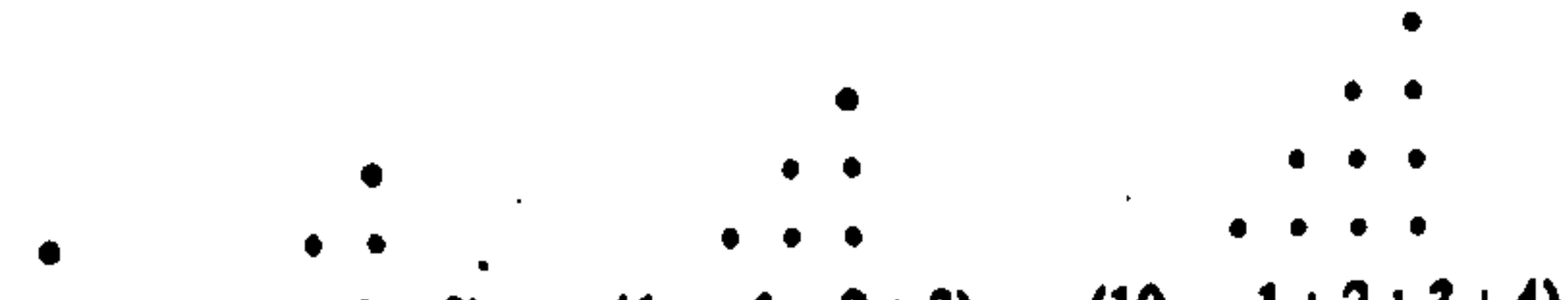
La cosmología de Anaximandro tampoco fue totalmente ajena a las matemáticas. Se esforzó en utilizar el número y la medición para la comprensión de la naturaleza. De esta manera, dio las distancias desde el sol y la luna a la tierra en forma de múltiplos del diámetro de ésta. Y, naturalmente, la construcción de su mapa suposo esfuerzos para determinar las distancias sobre la superficie de la tierra.

Sin embargo, con los pitagóricos las matemáticas sufrieron un desarrollo extraordinariamente rápido. Hacia mediados del siglo v habían llegado ya a conseguir la mayoría de los resultados que se exponen de manera ordenada en los Libros I y II y VII al IX de los *Elementos* de Euclides. El teorema más famoso del libro I (el cuadrado de la hipotenusa de un triángulo rectángulo es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados) se atribuye tradicionalmente al mismo Pitágoras. Se acepta generalmente que una prueba general de esta importante proposición no era posible antes de los griegos, aunque algunos autores pretenden que su solución se consiguió muchos siglos antes por los indios y los chinos. El libro II de Euclides expone las doctrinas pitagóricas sobre las áreas equivalentes y explica el método de transformar un área de una forma en otra de forma distinta, con la consiguiente posibilidad de aplicar las áreas de uno a otro. Esto

equivale a una álgebra geométrica bastante avanzada.

De parecido interés son los descubrimientos matemáticos de los pitagóricos, que corresponden a la mayor parte del contenido de los libros VII al IX de los *Elementos* de Euclides. Tras las definiciones de unidad y de número, se expone una clasificación de los números en pares e impares, con subdivisiones en ambos, ante todo en primarios y secundarios, después en perfectos e imperfectos, cuadrados, poligonales y oblongos. Igualmente, son de origen pitagórico el teorema de la proporción, la exposición sobre las medias aritmética, geométrica y armónica, y hasta cierto punto, la teoría de los números irracionales, que a mediados del siglo v no había avanzado más allá del reconocimiento de la irracionalidad de $\sqrt{2}$.

El volumen de teoría sobre los números adscrita a los pitagóricos es tan extenso que aquí no podemos hacer otra cosa que indicar, de manera resumida, cuál es su contenido. Pero es factible añadir un ejemplo acerca del uso de los números figurados. No fueron más que un modo de enfrentarse con el problema de sumar series de una forma semigeométrica. Los números triangulares fueron expuestos, por ejemplo, de la manera siguiente:



Es decir, que la serie de números triangulares nos da la suma de los números de la serie natural de enteros, empezando desde la unidad. Su formulación moderna

sería: $1+2+3+4+\ldots+n=\frac{n(n+1)}{2}$. De manera similar, la serie de número cuadrados es equivalente a la fórmula $1+3+5+7+\ldots+(2n-1)=n^2$.

En las páginas de Euclides, la doctrina matemática de Pitágoras se presenta en forma rigurosamente científica. Pero en los restos fragmentarios de los primeros escritos pitagóricos y en sus comentarios más antiguos, las matemáticas, siendo sólidas en su contenido, parecen basarse en una curiosa noción de los números que indica que su doctrina tuvo para sus creadores un contexto que exige a las mentes modernas un gran esfuerzo de reconstrucción. Para un pitagórico de los primeros tiempos, no resultaba clara la cualidad abstracta de un número. Se les atribuye haber divorciado las matemáticas de sus fines prácticos, o sea, haberlas transformado de un arte práctico, como era en Egipto y Babilonia, en un arte liberal. Y es cierto. Pero las matemáticas aún estaban lejos de lo que llegaron a ser más tarde según las célebres palabras del poeta Woodsworth:

... Un mundo independiente,
creado por la pura inteligencia

Por el contrario, las matemáticas pitagóricas eran inseparables de su física. Aristóteles nos dice, con sus propios términos técnicos, que tomaban el *número* no solamente como la *forma* sino también como la *materia* de las cosas. Para ellos las cosas eran números. Su aritmética se convertía insensiblemente en geometría, como hemos comprobado en el caso de los números figurados, y su geometría se convertía insensiblemente en física. Para ellos un punto poseía grosor, una línea

anchura y una superficie espesor. A partir de puntos gruesos construían líneas, de líneas anchas superficies y de superficies espesas cuerpos sólidos.

La cosmología pitagórica tenía cierto parecido con la de Anaximandro, aïunque naturalmente la importancia del número recibió total y excesivo reconocimiento. "El cielo entero — decían — es armonía y número." Fueron los primeros en afirmar la esfericidad de la tierra y de los cuerpos celestes, y desplazaron a la primera de la posición central del universo. Defendían la existencia de un fuego central o fogón del universo, alrededor del cual giraban la tierra, la luna, el sol, los cinco planetas y el cielo de las estrellas fijas. Imaginaron también un décimo cuerpo, el ἀντιχθῶν o antitierra, siempre invisible para nosotros porque la cara de la tierra que nosotros habitamos está en la parte opuesta. Aristóteles dice que inventaron la antitierra sólo para conseguir que el número de cuerpos celestes fuera diez, que era sagrado para ellos. Algunos autores modernos sugieren que esperaban explicar con ello el fenómeno de los eclipses. Uno de los descubrimientos más importantes de los antiguos, que muestra el temprano interés por el experimento físico, fue el hallazgo pitagórico de que el tono de las notas producido por una cuerda tensa está rigurosamente relacionado con la longitud del medio vibrante. Este descubrimiento fue audazmente aplicado a la estructura del universo. Pensaron que los diversos cuerpos que giran alrededor del fuego central estaban colocados en torno al centro a intervalos proporcionales a los de la escala musical, y que, al girar eternamente, formaban un glorioso diapasón, la música de las esferas, para la cual nuestros oídos, debido a la familiaridad, son desgraciadamente sordos.

En esta imaginativa cosmología se encierran ideas

que demostraron ser de suma importancia. El abandono de la hipótesis geocéntrica está de acuerdo con la teoría copernicana y la doctrina de la esfericidad de la tierra es un adelanto sobre los jonios. Incluso Anaximandro había mantenido la opinión de que la tierra tenía la forma de un cilindro plano. A causa de este avance en cosmología, algunos historiadores han concedido a los pitagóricos enorme importancia. La verdadera historia de la ciencia, sin embargo, debe ser más una historia de los métodos que de los resultados, pues estos últimos son a menudo accidentales y sólo parecen impresionar a generaciones posteriores cuando son redescubiertos por métodos perfeccionados. El método de los pitagóricos fue muy defectuoso. Al no distinguir entre matemáticas y física y convencidos de que las matemáticas son la clave de la naturaleza divina, llegaron, a partir de una maraña de ideas éticas, matemáticas y físicas, a conclusiones como la siguiente: el círculo y la esfera son las figuras "perfectas" y por tanto la tierra y los cuerpos celestes deben ser esferas y moverse en círculos. El defecto de este argumento es que ni la tierra es una esfera perfecta ni los cuerpos celestes se mueven en círculos. Las formas y los movimientos verdaderos sólo pueden ser descubiertos por observación y no por argumentos matemáticos *a priori*. Por consiguiente, el método pitagórico condujo a los más desastrosos resultados. Cuando empezó a ser evidente que la naturaleza era indiferente a las matemáticas pitagóricas y completamente ajena a conformar sus cuerpos o a moverlos según los cánones de perfección matemática, los seguidores de la tradición pitagórica abandonaron el estudio de la naturaleza y perseveraron en el de las matemáticas, que pasaron a ser el amo en lugar del sirviente. Postrados ante Dios, que

es siempre geómetra, los hombres aprendieron a despreciar la naturaleza, que es tan descuidada en el uso del compás y de la regla. Es una forma de idolatría que dominó el pensamiento europeo durante siglos y por la cual el hombre pagó un costoso precio.

La visión matemática del universo recibió su primer gran golpe con el descubrimiento de la naturaleza irracional de $\sqrt{2}$. Hacia mediados del siglo v a. de C. se sabía que el lado y la diagonal del cuadrado eran inconmensurables, y este descubrimiento ocasionó una crisis en el pitagorismo. El hecho llegó a ser un escándalo. Como la misma palabra "irracional" implica, la razón parecía estar amenazada por ello. El universo completo era armonía y número, pero he aquí una simple relación que no puede ser expresada por ningún número. La tradición refiere incluso que la hermandad pitagórica intentó durante algún tiempo suprimir el escándolo, ocultando el nuevo descubrimiento. Triste precedente repetido a menudo.

El descubrimiento de la irracionalidad de $\sqrt{2}$ hundió estrepitosamente el edificio físico-numérico pitagórico. Si el lado y la diagonal del cuadrado son inconmensurables, esto significa que por mucho que los dividamos nunca se llegará a obtener un entero con el que poder expresar la relación entre una y otra longitud. La conclusión es que las líneas son divisibles hasta el infinito. Pero si las líneas son divisibles infinitamente, no consisten en un número determinable de puntos. Estos puntos pitagóricos, que eran los pequeños ladrillos que componían el universo, habían quedado reducidos a nada. Los fundamentos del universo pitagórico habían sido barridos.

La implacable exposición del colapso de la física

pitagórica fue obra de Zenón, miembro de otra escuela italiana, la de Parménides de Elea, de la que vamos a ocuparnos. Antes de examinar la crítica de Zenón, debemos primero comprender la extraña y brillante teoría de su maestro, Parménides.

Parménides, el fundador de la escuela eleática, fue un contemporáneo de Heráclito de Éfeso, a cuyas doctrinas sobre los caminos "ascendente" y "descendente" alude. Ello constituye una prueba interesante de la comunicación de ideas entre los griegos orientales y occidentales a finales del siglo VI. La doctrina de la escuela eleática es la formación de un hombre en contacto con la cosmología jónica y la física numérica pitagórica. Parménides, como Heráclito, estaba impresionado por la inseguridad de las pruebas de los sentidos, por lo que exaltó la razón como el instrumento a través del cual aprehendemos la verdad. Pero llegó a una conclusión sobre la naturaleza de las cosas diferente a la expuesta por Heráclito. Este mantenía que todas las cosas estaban en continuo estado de cambio. Parménides negaba absolutamente la posibilidad de movimiento y cambio. Movimiento y cambio, afirmó, son ilusiones de los sentidos.

Nadie, en tan temprana época, había aún imaginado que tal cosa tuviera una existencia inmaterial. Se recordará que incluso Heráclito había identificado la razón con el fuego. Consecuentemente, Parménides negó la existencia de un espacio vacío. Afirmó: "Lo que es, existe; lo que no es, no existe". Por lo tanto, la materia o elemento fundamental del cual el mundo está hecho no se puede enrarecer o diferenciar de ninguna manera. Debe existir una plenitud absoluta del Ser sin ninguna disminución cualitativa o cuantitativa de la misma. El universo, dijo, es una esfera sólida, increada,

indestructible, inmóvil e inmutable. Como Dios, con quien sin duda Parménides lo identificaba, es el mismo ayer, hoy y siempre.

Parménides debe la idea de que lo que existe es una esfera a la noción pitagórica de la figura perfecta. Pero al rechazar el movimiento y el cambio, critica a la vez la física pitagórica y la jónica desde el punto de vista de una lógica más estricta. Todos los filósofos jónicos habían enseñado que la sustancia pasa de una forma a otra, y el modo de esta transformación había sido mejor explicado por la teoría de Anaxímenes de la rarefacción y la condensación. De acuerdo con esta última, lo que diferencia una forma de materia de otra es simplemente la cantidad de la misma comprendida en un espacio dado. Pero el espacio no existe, tampoco puede existir más o menos materia en un espacio dado. El espacio debe estar absolutamente lleno, y la variedad de este mundo cambiante debe ser una ilusión de los sentidos. La verdad, para la razón, es el Uno inmutable, y si buscamos sabiduría es al Uno al que debemos adherirnos.

Esta extraña filosofía, que afirma el Uno como lo verdadero para la razón y rechaza lo múltiple que nuestros sentidos perciben, fue el resultado de una lógica más rigurosa que la aplicada hasta entonces al problema del ser. Parménides, que fue el primer filósofo que escribió en verso, cantó su mensaje con solemnidad, dirigiéndose a "multitudes sordas, ciegas, aturdidas, que no pueden distinguir el Ser del No-Ser". Shelley en una famosa estrofa del *Adonais* evoca el verso:

Lo Uno permanece, lo Múltiple cambia y pasa;
la luz de cielo brilla siempre, la sombra de la tierra huye;
la vida, como una cúpula de cristal policromado
colorea el blanco esplendor de la eternidad,
hasta que la Muerte la pisotea en fragmentos.

Los pitagóricos lucharon contra los sentidos porque consideraban al cuerpo como una cosa perecedera que encerraba un espíritu inmortal, pero intentaron dar en su física numérica una interpretación inteligible del multiforme mundo de los sentidos. Sin embargo, esta nueva filosofía negaba en nombre de la razón la realidad del mundo sensible, manteniendo que la única realidad era la unidad estática de un universo esférico idéntico a Dios.

Esta nueva doctrina chocaba con el sentido común, con la cosmología jónica y con la física numérica de los pitagóricos. Con el fin de apoyar el punto de vista de Parménides, Zenón, un joven discípulo suyo, ideó a mediados del siglo v un ingenioso sistema de paradojas destinado a mostrar que cualquier desviación de la doctrina del Uno conducía a contradicciones insuperables. La más famosa de esta paradojas es la conocida con el nombre de paradoja de Aquiles y de la tortuga. Es la única que podremos examinar aquí.

Zenón expuso su problema de la manera siguiente: Aquiles y una tortuga van a correr en una carrera; Aquiles corre a una velocidad diez veces mayor que la tortuga; la tortuga empieza con diez metros de ventaja. La experiencia nos demuestra que Aquiles alcanzará rápidamente la tortuga y el sentido común encuentra bastante sencillo que ello sea así. Pero un poco de lógica revelará que las cosas no son tan sencillas como

parecen. Intentemos analizar las fases de la carrera. Aquiles debe correr primero diez metros hasta el punto en que la tortuga empezó. Mientras tanto la tortuga habrá avanzado un metro. Aquiles recorre ese metro. Simultáneamente la tortuga avanza un décimo de metro. Mientras Aquiles recorre ese décimo de metro, la tortuga avanza una centésima y así sucesivamente. La distancia entre los dos disminuye constantemente, pero Aquiles nunca llegara a adelantar a la tortuga. Por tanto, la noción de movimiento que nos da el sentido común y que la experiencia parece sancionar, es irreconciliable con la lógica. Es mejor aceptar la lógica y rechazar el concepto procedente de los sentidos.

El argumento contra la realidad del movimiento fue expuesto aún más sucintamente del siguiente modo: "No existe el movimiento por el hecho de que lo que se mueve debería llegar a la mitad antes que al final". Este argumento descansaba en la idea de la infinita divisibilidad del espacio. Entre dos puntos cualesquiera existe un infinito número de puntos. Si una cosa empieza a moverse, ya ha recorrido una distancia infinita. La propia idea de movimiento es contradictoria en sí misma.

Comprenderemos mejor el propósito de estos argumentos si los relacionamos con la crisis de la física numérica pitagórica, de la que ya hemos hablado. Recordemos cómo los pitagóricos habían intentado construir un universo a partir de puntos con magnitud. El descubrimiento de la inconmensurabilidad de $\sqrt{2}$ les forzó a reconocer la infinita divisibilidad del espacio. Las paradojas de Zenón fueron ideadas para enfrentarse con esta situación y revelar la magnitud del dilema que le había sobrevenido a la física numérica.

El concepto pitagórico de un universo formado por una pluralidad de unidades, resulta incompatible con la idea de que todo él y cada una de sus partes sea infinitamente grande o infinitamente pequeño. Supongamos que, cuando hemos llevado a cabo el proceso de división hasta el infinito, llegamos a un punto de alguna magnitud. El total de este punto debe consistir en un infinito número de unidades todas ellas de alguna magnitud, y por lo tanto debe ser infinitamente grande. Si por otra parte, el proceso de división nos lleva al final a unidades sin magnitud, la suma de un infinito número de unidades sin magnitud equivale a la nada. La física numérica pitagórica no podía salir de este dilema.

Los argumentos de Zenón han sido unas veces empequeñecidos como falacias ridículas, y otras alabados como si sus profundidades estuvieran todavía a medio aclarar. La opinión más correcta es reconocer que son válidos como crítica de la física numérica pitagórica, pero que una vez descartada la teoría pitagórica del espacio, dejan de tener sentido. Pero la figura de Zenón, se recuerda como una de las más destacadas de la historia de la lógica y de las matemáticas. En su gran *History of Greek Mathematics* sir Thomas Hearth señala: "Parece como si después de más de 2.300 años la polémica en torno a los argumentos de Zenón no se hubiera terminado". Todo lo que podemos hacer aquí es indicar algunas de sus consecuencias para el desarrollo posterior del pensamiento griego.

En la esfera de las matemáticas su efecto fue desterrar el número de la geometría. La geometría aritmética de los pitagóricos había alcanzado su límite. Un gran matemático Eudoxo, ideó una técnica de representar geométricamente razones de magnitud aplica-

ble a todas las magnitudes, fueran o no conmensurables. Este tipo de geometría fue adoptado por Platón y desarrollado por Euclides. Es una geometría en la que las líneas dejan de considerarse formadas por puntos, las superficies por líneas y los sólidos por superficies. Las relaciones espaciales pueden ser simbolizadas de forma completamente independiente del número y estudiadas sin referencia a la medida. Es un punto independiente creado por la pura inteligencia, razón por la que Platón consideraría a las matemáticas como preliminar necesario para la filosofía.

La aritmética también experimentó un cambio. Fue subdividida en una ciencia abstracta, conocida por nosotros como teoría de los números o aritmética propia de los griegos, y en el arte de calcular, que fue separada de la teoría de los números y desdeñada por los representantes de la cultura filosófica por estar contaminada por aplicaciones prácticas. Se consideró adecuada para los comerciantes fenicios, pero no para los griegos cultos.

Pero la consecuencia más importante de los argumentos de Zenón se produjo en el terreno de la especulación física, que después de sus críticas tenía que recaer en la contemplación del Uno parmenideano, o bien justificar un mundo de movimiento y cambio mediante argumentos más profundos que los usados hasta entonces. La aparición de estos argumentos será el tema del capítulo siguiente.

IV. — EL ATOMISMO

A mediados del siglo v, la especulación física griega había alcanzado una considerable variedad, tanto en método como en conclusiones. El método de los primeros pensadores jónicos, basado en el supuesto de que todos los fenómenos naturales se podían explicar a partir de la simple observación, resultaba inadecuado después de la crítica de Parménides y de la física numérica de los pitagóricos. También habían sido abandonadas las teorías que identificaban la sustancia primaria con el agua, el Indeterminado o el aire. Heráclito, aunque había considerado al fuego como sustancia primaria, hacía hincapié en el cambio y en la oposición de tensiones. Los pitagóricos destacaban la importancia del modelo de las cosas, de las relaciones numéricas y geométricas. Y Parménides, en nombre de la razón, desechaba el mundo de los sentidos como una ilusión.

Por aquel tiempo, la doctrina pitagórica, con su culto al número y a la geometría, alcanzó gran importancia en la vida social griega. El escultor Policleto, por ejemplo, como muchos artistas en su madurez, fue víctima del intelectualismo dominante. Dejó de ver las cosas con la mirada ingenua del artista, para empezar a descubrir proporciones matemáticas en el cuerpo humano. Escribió un libro para exponer la nueva filosofía del arte e incluso esculpió una estatua, el famoso Doríforo u Hombre de la lanza, para ilustrar su

tesis. La aplicación práctica más interesante del pitagorismo pertenece, sin embargo, a otro campo.

Si todo el cielo era número y armonía, era conveniente que la tierra concordara en lo posible con estos principios. Se puso de moda proyectar el trazado de las ciudades según líneas geométricas. Hipódamo de Mileto, un entusiasta de la filosofía numérica, hizo unos nuevos planos del Pireo, el puerto de Atenas, de Rodas y de Turios. En el siglo siguiente, las ciudades de Alejandría y Priene reflejarían la persistencia de su influjo, que se prolongó hasta la época romana. Los trazados de Pompeya y Timgad, por citar sólo dos ejemplos entre muchos otros, son testimonios tardíos de la tradición pitagórica; y muchas ciudades modernas, que se han desarrollado a partir de campamentos romanos, muestran aún la huella de esta moda. Incluso el Nuevo Mundo es heredero de esta tradición. Nueva York, con su trazado geométrico y sus calles y avenidas numeradas, es una ciudad completamente pitagórica.

Pero mientras los resultados prácticos del avance del saber marcaban su impronta en la civilización material del mundo antiguo, la ciencia en su esfuerzo por encontrar el verdadero camino del progreso estaba atravesando una gran crisis. La doctrina de Parménides había llevado a un primer plano la posición de la razón y los sentidos. ¿En qué ruta estaba el camino de la ciencia? Parménides no tenía duda. La razón era la verdadera vía y las pruebas de los sentidos tenían que ser rechazadas. En la introducción a su poema filosófico expone abiertamente su ataque a los sentidos: "Aparta tu mente de esta vía de investigación; no te obligue a seguir la costumbre rutinaria, dirigiendo la mirada incierta, el oído que zumba y la lengua; juzga con la inteligencia el muy discutible argumento". Fue

imposible ignorar el desafío. El problema de determinar la validez de la percepción de los sentidos tenía que ser dilucidado. La tarea de Parménides no fue tanto ofrecer una nueva especulación sobre la naturaleza de las cosas, comó lanzar un desafío al método seguido por los de Mileto en su "investigación de la naturaleza". El ojo, el oído y la lengua eran los órganos de los sentidos empleados necesariamente en los tres campos principales de investigación entonces en boga —astronomía, música (es decir, acústica) y medicina. La situación de esta última necesita unas palabras de aclaración. Tanto para examinar los "humores" del cuerpo, tal como aparecían en las excretas, como para analizar las cualidades del agua en las nuevas tierras asignadas a la colonización, los médicos hipocráticos empleaban la lengua. No sólo la ciencia teórica, sino también la aplicada resultaban amenazadas por el desafío de Parménides. El problema planteado por él tenía que ser abordado.

Fue atacado del modo más directo por Alcmeón de Crotona, que se esforzó mediante investigaciones anatómicas en exponer las bases físicas de la percepción sensorial. Este brillante anatomista de la época más temprana, ciudadano de Crotona y fundador de la psicología empírica, fue, como era entonces natural, seguidor de la escuela pitagórica. Aunque los pitagóricos son sobre todo famosos por sus teorías matemáticas, no por ello debe suponerse que eran indiferentes a las llamadas de la investigación física. Se ha afirmado a menudo que los antiguos carecían de toda comprensión del método científico. Esto no es cierto. En su afortunada demostración de que el tono de la nota producida por una cuerda tensa depende de la longitud del medio vibrante, los pitagóricos habían utilizado

un puente movible para variar la longitud de la cuerda, aplicando, por tanto, mediciones exactas en la investigación de un fenómeno físico. Y los jonios dieron también pruebas de su dedicación a la práctica de la observación y el experimento. Las teorías cosmológicas de Anaximandro se basaban abiertamente en la observación y las actividades astronómicas de su escuela eran llevadas a cabo en un centro de observación adecuado en la isla de Ténedos. Anaxímenes también acudió a la experimentación en apoyo de su teoría de la rarefacción y condensación. Señaló que si abrimos ampliamente nuestras bocas y lanzamos el aire rarificado contra nuestra mano, lo sentimos caliente debido a que está en camino de transformarse en fuego; mientras que si condensamos el aire, forzándolo a pasar a través de los labios fruncidos, parece frío, debido a que está en camino de transformarse en agua, que es un elemento frío. Sus conclusiones son erróneas porque Anaxímenes no conocía que la sensación de frescor es debida a la evaporación de la humedad en la superficie de la piel. Pero el método está basado en la experiencia. No nos debemos, por tanto, sorprender por el hecho de que cuando se hizo problemática la naturaleza de la percepción sensorial, Alcmeón intentara resolverlo recurriendo a la disección y vivisección. En el curso de su investigación descubrió los nervios ópticos y llegó también a la conclusión correcta de que el cerebro es el órgano central de la sensación.

Estas investigaciones de Alcmeón muestran una inclinación, no a aceptar o rechazar acríticamente las pruebas de los sentidos, sino a determinar experimentalmente los límites de su validez. Este fue también el punto de vista de Empédocles, el filósofo de Acragas, que se esforzó, al tiempo que admitía la crítica de

Parménides, en reconstruir la vieja tradición jónica sobre una base más segura. Empédocles había elaborado una teoría de la naturaleza de la percepción sensible, sobre la que nos ocuparemos más adelante; de momento, lo que nos interesa es saber qué se opuso abiertamente a la tendencia de Parménides de rechazar la evidencia de los sentidos como completamente errónea. Empédocles, como Parménides, escribió en verso, y en un pasaje de su poema que se ha conservado replica a este último en los siguientes términos: "Considera ahora con todas tus fuerzas de qué forma es posible el conocimiento. Y no tengas mayor confianza en la vista que en el oído, ni pongas el oído rumoroso por encima de las percepciones de la lengua, ni quites fe a ninguno de los demás órganos por los cuales es posible el conocimiento". La actitud de Empédocles ha prevalecido durante siglos en el desarrollo de la ciencia. Lamenta la cortedad de la vida humana y la falibilidad de los sentidos, pero piensa que con paciencia y cuidado se acumulará de generación en generación un verdadero conocimiento de la naturaleza.

Empédocles había despejado uno de los obstáculos planteados por Parménides dentro de la filosofía natural. Pero aún quedaba la tremenda dificultad del Uno parmenídeo. La lógica de que "El ser existe y el no ser no existe" parecía imposibilitar el restablecimiento de la variedad, multiplicidad, movimiento y mutabilidad del mundo, mientras los filósofos insistieran en considerar como la base de toda existencia a una sustancia primaria. Empédocles decidió abandonar la tradición del monismo, como se llama a esta teoría, y reconstruir su universo admitiendo que no hay uno sino varios principios primarios. De este modo, introdu-

ciendo de nuevo multiplicidad y variedad en la naturaleza esencial de ser, buscó justificar lógicamente el variado y cambiante mundo de la experiencia de los sentidos.

Según Empédocles hay cuatro sustancias primarias o "raíces" de las cosas, tierra, aire, agua y fuego, que nosotros todavía en el lenguaje popular llamamos los cuatro elementos. Estos elementos procedían lógicamente de sus predecesores jonios. Tuvo también que idear algún mecanismo para poner los elementos en movimiento, algún equivalente de la teoría de la rarefacción y la condensación de Anaxímenes y del "camino ascendente" y "descendente" de Heráclito. Lo realizó mediante dos fuerzas que llamó Amor y Odio. Amor que tendía a unir los cuatro elementos en una mezcla y Odio que tendía a separarlos de nuevo. Como nadie había distinguido aún "fuerza" de "sustancia", Empédocles consideró el Amor y el Odio como realidades materiales que formaban parte de una mezcla. Según los historiadores de una o dos generaciones anteriores a la nuestra, esta incapacidad para concebir una fuerza separada de la sustancia material probaba el infantilismo del pensamiento griego de esa época. Ahora que la distinción entre materia y energía ha dejado de ser fundamental, puede suceder probablemente que algún historiador conceda a Empédocles una visión profunda de los más recientes descubrimientos de la física. Tampoco esta opinión es correcta. Lo importante es recordar que ningún concepto científico puede ser comprendido adecuadamente fuera de su contexto histórico, y todos los pensadores griegos antiguos eran materialistas.

La psicología de la percepción sensorial, como ya hemos señalado, fue expuesta por Empédocles con cierta minuciosidad partiendo de una base completamen-

te materialista. Pensó que el hombre está compuesto de los mismos elementos, tierra, aire, fuego y agua, y las mismas fuerzas, Amor y Odio, que el resto de las cosas existentes, y que la percepción sensorial equivale a mezclar físicamente elementos similares. Por el fuego reconocemos el fuego, por el agua el agua, y así sucesivamente. Pero no comentó por qué dos gotas de agua se "reconocen" cuando se encuentran, ni tampoco por qué no lo hacen en otras ocasiones. Esta problemática pertenece a una generación posterior.

Las teorías biológicas de Anaximandro fueron también recogidas y desarrolladas por Empédocles. Conservamos referencias a sus teorías sobre el origen de las diferentes formas de vida en fragmentos de su poema y en comentarios de autores posteriores. Sus ideas son reproducidas también, aunque con algunas modificaciones, en *De rerum natura*, del poeta latino Lucrecio. Así, en un pasaje del mismo dice: "También la tierra (en sus primeros días) intentó producir muchos monstruos, seres que aparecían con caras extrañas y extraños miembros; el hombre-mujer, un ser intermedio entre ambos y sin poseer el sexo de ninguno y muy distinto de los dos; algunos seres privados de pies, otros desprovistos de manos, otros mudos y sin boca, o ciegos y sin ojos, y seres con sus miembros unidos alrededor del cuerpo, de tal modo que no podían hacer nada, ni ir a ningún sitio, ni evitar los males, ni tomar lo que necesitaban. Podía producir cualquier otro monstruo o portento de esta índole pero todo en vano, porque la naturaleza impidió su aumento, ya que no podían alcanzar la flor codiciada de la edad, ni encontrar alimento, ni unirse en matrimonio. Porque debe reunirse muchas condiciones en los seres para que puedan engendrar y continuar su especie; primero un sumi-

nistro de alimento, luego un camino por el cual las semillas fecundantes puedan correr por el cuerpo a través de los miembros relajados; también para que la mujer pueda estar unida con el hombre, la posesión de órganos donde puedan intercambiar goces mutuos.

"Muchas razas de seres vivientes deben haber muerto y sido incapaces de reproducirse y continuar su estirpe. Porque en el caso de todos los seres que ves respirando, el aliento vital ha protegido y preservado desde el principio de su existencia cada raza particular, bien por su destreza, o por su valor o por su velocidad."

Estos argumentos, por constituir una especie de tosco antecedente de la teoría darwiniana de la selección natural, son generalmente citados incluso en las exposiciones más resumidas del pensamiento griego.

Antes de terminar nuestra consideración de las teorías de Empédocles, debemos mencionar un brillante descubrimiento suyo, basado en la experiencia. Antes que él, ningún físico había distinguido claramente entre el aire y el espacio vacío. Él fue el primero en demostrar concluyentemente que el aire invisible es una sustancia corpórea. El instrumento que empleó para comprobarlo fue la clepsidra o reloj de agua. La clepsidra era un cilindro de metal terminado en un cono, en cuyo extremo se abría un orificio; la base del cilindro, en el extremo opuesto al cono, estaba formada por un colador de orificios diminutos. El instrumento se llenaba introduciendo el extremo amplio en el agua. Se ponía en marcha invirtiéndose y permitiendo que el agua escapara por el agujero de la extremidad del cono. El agua se vaciaba en un tiempo fijo. Relojes de este tipo fueron de uso corriente hasta fechas tardías en tierras griegas, especialmente en las salas de

justicia, donde servían para controlar el tiempo permitido para las disertaciones de las partes rivales. En tiempo de Empédocles, sin embargo, la clepsidra, que quiere decir "ladrón de agua", fue un utensilio doméstico, como el *toddylifter* escocés, usado para transvasar pequeñas cantidades de líquido de una vasija a otra. En los encantadores versos que recogen su observación, la clepsidra es usada como un juguete por una muchacha; aunque naturalmente es seguro que Empédocles experimentó con él.

Los dos experimentos mediante los cuales demostró la naturaleza corpórea del aire fueron los siguientes. En el primero, el extremo ancho de la clepsidra fue introducido en el agua como era natural para llenarla, pero manteniendo un dedo sobre el agujero del extremo cónico. No entró agua, puesto que el aire encerrado no podía salir. En la segunda demostración, llenó el reloj de forma habitual, tapando el agujero del cono y sacándolo fuera del agua sin ponerlo boca abajo. En esta ocasión el agua no fluía debido a la presión ejercida por la atmósfera. Investigadores posteriores reforzaron esta demostración de la naturaleza corpórea del aire, inflando vejigas y mostrando la resistencia a la compresión.

Los experimentos de Empédocles sobre el aire y los pitagóricos con cuerdas musicales son los mejores ejemplos de investigación física que han llegado hasta nosotros del período originario de la ciencia griega. Simultáneamente, como hemos visto, la investigación fisiológica había sido iniciada sobre una base científica por Alcmeón de Crotona, movimiento que tuvo también su paralelo, como luego veremos, entre los griegos asiáticos. El interés por los estudios fisiológicos caracteriza las teorías del siguiente pensador de impor-

tancia en la ciencia griega: Anaxágoras de Clazomene. Establecido en Atenas a mediados del siglo v, como miembro del brillante círculo que se agrupó alrededor del gran Pericles, fue el primero que puso la península griega en relación con el movimiento de filosofía especulativa que se había desarrollado entre los griegos de Asia e Italia.

Igual que Empédocles, Anaxágoras abandonó el monismo. Se distinguió como defensor del pluralismo más radical que pueda concebirse. Según él, los primeros principios o semillas que componen el universo son infinitos en número y variedad. Cada una de esas semillas contiene una parte de cada sustancia de las que nuestros sentidos nos dan noticia. Esta extraña teoría tiene sus raíces en la fisiología. El crecimiento de la vida vegetal con elementos salidos de la tierra y el crecimiento de cuerpos animales consumiendo vida vegetal, fueron problemas que interesaron profundamente a Anaxágoras y dieron un nuevo y fructífero rumbo a la vieja teoría del proceso por el cual las cosas se transforman aparentemente en otras. Si un hombre come pan, el resultado es que le crece carne, sangre, huesos, fibras, piel, pelo, etc. ¿Cómo, preguntaba Anaxágoras, podía ser esto posible, a no ser que el pan contuviera algo de carne, sangre, huesos, fibras, piel y pelo? Discurriendo por otros cauces, llegó a la conclusión de que cada uno de los elementos que componen el universo contiene una porción de cada cosa. Las cosas son divisibles hasta el infinito, y por muy lejos que se lleve la división, nunca se llegará a una porción en materia tan pequeña que no contenga una parte de cada cosa. Es obvio que Anaxágoras anda a tientas tras la idea de una unión más íntima que la de mera mezcla o yuxtaposición física; y aunque supone

demasiado decir que había llegado a la idea de combinación química, ciertamente había avanzado algún trecho hacia ella. Para completar el esquema de su teoría de la composición de la materia, hay que añadir que, aunque pensó que cada "semilla" contenía una porción de cada cosa, no supuso que todas las semillas contenían las mismas proporciones de cada cosa. En cada grupo de semillas predominaba una cosa diferente. Así, por ejemplo, el agua debía estar compuesta por semillas que estuvieran formadas de agua predominantemente, aunque conteniendo porciones de todas las demás cosas, y lo mismo ocurría con las demás sustancias.

La doctrina de Empédocles de los cuatro elementos o raíces de las cosas, y la teoría de Anaxágoras de las semillas primarias cada una conteniendo una porción de cada cosa, son prueba del vigoroso esfuerzo intelectual dedicado entonces a la solución del problema de la constitución de la materia. Ninguna de esas soluciones, sin embargo, ha despertado o merecido más admiración que la teoría atómica propuesta por Leucipo y Demócrito en la segunda mitad del siglo v. Señala el final del gran movimiento de especulación física iniciado por Tales.

El mérito de la primera formulación de la teoría atómica corresponde a Leucipo. Se dice que procedía de Mileto y que pasó algún tiempo en la escuela eleática; la tradición contiene al menos una verdad simbólica, porque la función de Leucipo fue desarrollar el punto de vista de la escuela de Mileto a la vez que asimilar completamente la crítica de Parménides. Leucipo sintió que Parménides estaba plenamente en lo cierto al insistir que la sustancia primaria era sólida, increada, indestructible, inmóvil, uniforme en su naturaleza esen-

cial y poseída de absoluta plenitud de ser. En este sentido era el Uno, tal como Parménides enseñó. Pero rehusó aceptar la doctrina de que era continua. Por el contrario, existe en forma de pequeñas partículas demasiado diminutas para ser percibidas por nuestros sentidos. Estas partículas de materia, los átomos, infinitos en número, estaban separados entre sí por el vacío. Fue en la introducción de la doctrina del vacío en lo que Leucipo rompió con Parménides. De las dos famosas proposiciones de Parménides, "El ser existe y el no ser no existe", Leucipo aceptó la primera y negó la segunda. Según él, la materia existe y el vacío también existe. La naturaleza de la materia, como Parménides enseñó, consiste en estar completamente llena, en ser absolutamente impenetrable. Pero hay también otro modo de existencia, el del vacío, que consiste en estar absolutamente vacío, en ser completamente penetrable. Con estas dos existencias, átomo y vacío, pensó que era posible construir un universo que satisfaciera los requisitos de la lógica por una parte y del sentido común por otra.

La lógica exigía que existiera alguna sustancia permanente como fundamento del mundo cambiante. El sentido común pedía que el sencillo testimonio de nuestros sentidos sobre la existencia de un variado y cambiante mundo no fuese sacrificado por las exigencias de la lógica. La doctrina de Leucipo satisfizo ambos requisitos. Los átomos, uniformes todos en substancias, estaban exentos de cambio; pero las combinaciones de átomos que constituían el mundo visible y tangible, estaban siempre creándose y pereciendo. La formación de cualquier objeto sensible era el resultado de una agrupación de átomos; el cambio de cualquier objeto sensible era debido a un reagrupamiento

de átomos; su desaparición a la dispersión de los átomos. Pero los átomos en sí mismos ni se creaban, ni cambiaban ni perecían. Los átomos, todos de la misma sustancia, diferían unos de otros en tamaño, forma y colocación. Todas las demás diferencias en las cosas perceptibles eran meramente el efecto sobre nuestros sentidos de átomos de diferentes formas y tamaños, agrupados de diferentes maneras. Así pues, el mundo sensible no era absolutamente primario, en el sentido que los átomos y el vacío lo eran, pero tampoco era una ilusión.

Esta brillante teoría reemplazó a todas las que le habían precedido. Proporcionó la sustancia inmutable que Parménides había postulado. La tierra, el aire, el agua y el fuego de Empédocles y los antiguos jonios se aceptaron como realidades, pero explicadas como productos de los átomos primarios agrupados de diferentes formas. Al problema de Anaxágoras de cómo el pan podía llegar a ser carne, sangre y hueso, se dio una respuesta sencilla. Y frente a la ingenuidad de los pitagóricos sugiriendo modelos de la construcción del universo visible, se abrió un campo ilimitado que, sin embargo, quedó inexplorado hasta el nacimiento de la física y de la química modernas. Leucipo dio al problema de la constitución de la materia la mejor respuesta que la Antigüedad fue capaz de conseguir.

Es probable que sea a Demócrito, el discípulo y compañero de Leucipo, a quien debamos el desarrollo de una nueva cosmología sobre las bases de la teoría atómica de la materia. Demócrito nació en Abdera (Tracia), pasando a la posteridad con el desafortunado título de filósofo de la risa, al parecer por la imperturbable jovialidad que le caracterizó durante su larga vida. Fue un prolífico escritor en cada rama de la ciencia

entonces cultivada, y la pérdida de sus trabajos es probablemente la más notable dentro del lamentado fracaso con que ha culminado la recogida de materiales de los más antiguos pensadores griegos. Es famoso por su amplia comprensión y soberbios poderes de generalización. Como base de su sistema, Demócrito escribió: "Nada se crea de la nada ni desaparece en la nada". La proposición no era nueva, pero Demócrito fue el primero en colocarla en lugar apropiado, como primer principio de todo pensamiento científico acerca del mundo físico. Demostró asimismo su inteligencia al considerarlo como un axioma y no ofrecer pruebas. La única prueba posible de tal proporción es la pragmática. Es verdadera mientras sea fructífera.

Tras proponer la doctrina de la permanencia de la materia, Demócrito formuló la ley de la universalidad de la causa y el efecto. "Por necesidad están predeterminadas todas las cosas que fueron, son y serán." Esta es la primera enunciación clara en la historia del pensamiento del principio de determinismo. A su luz la ciencia se convierte en conocimiento de causas, siendo la meta del físico el descubrimiento de la sucesión precisa de hechos.

Demócrito formuló igualmente una explicación del origen y del cambio de nuestro mundo o de cualquier otro (pues los atomistas no creían en la unicidad de nuestro mundo, sino que pensaban que los mundos son infinitos en número y están siempre naciendo y pereciendo), sobre la base de la nueva teoría de la constitución de la materia. Los elementos que componen el mundo son dos: átomo y vacío. Los átomos se conciben en un estado de violenta agitación en el vacío, chocan unos con otros y rebotan y se comunican sus movimientos. Asimismo los átomos mayores tienden a agruparse,

ya que el impacto de otro átomo no los desplaza tan lejos como a los de tamaño menor. La concentración de los átomos mayores produce las sustancias terrestres más pesadas, que están en el centro del mundo. Por fuera de esta masa, que se supone posee movimiento circular como resultado de la colisión de sus átomos, están los átomos más pequeños y los de forma menos adaptada a la cohesión; forman primero agua, luego aire y después fuego, que está constituido por los átomos más pequeños de todos. Pero es natural suponer que en la periferia, constituida por átomos más pequeños, queden algunos átomos grandes, los cuales forman al principio acúmulos terrosos y húmedos similares a la tierra. Sin embargo, debido a la rapidez del movimiento en la esfera giratoria, se secan primero y arden después, dando lugar al sol, la luna y las estrellas.

Naturalmente, era preciso el trabajo de generaciones de investigadores en ciencias, entonces todavía inexistentes, para que la multitud de problemas planteados por esta osada teoría pudiera ser comprobada, aceptada, descartada, corregida o suplementada. No obstante, ha pasado a la historia como una de las mayores adquisiciones del pensamiento científico. Antes de terminar su exposición consideraremos dos puntos de especial interés. El primero, que la concepción del átomo como partícula material indivisible supuso una tajante distinción entre matemáticas y física. En la física numérica pitagórica la materia no se había distinguido de la extensión espacial, por lo que el descubrimiento de la divisibilidad infinita del espacio derrumbó sus bases. Con el atomismo, el concepto esencialmente físico de impenetrabilidad se convierte en piedra angular de esta ciencia; el átomo es espacialmente divisible pero físicamente indivisible. Los nú-

meros ya no pueden ser confundidos por más tiempo con las cosas. El segundo de los puntos indicados es la inquietud que esta teoría científica despierta en el espíritu humano. En un vasto universo de átomos y vacíos, donde todo está bajo el reinado de leyes mecánicas y donde los mundos se forman y estallan como burbujas en una corriente sin siquiera dejar rastro de sí, ¿qué lugar existe para la voluntad y el esfuerzo del hombre, para sus esperanzas y sus temores? El imperturbable Demócrito no parece que se planteara esta cuestión, ya que se le atribuye la composición de tratados éticos, además de los físicos. Pero las generaciones posteriores de filósofos se han ocupado sin cesar de la tarea de reconciliar determinismo y libre albedrío.

V.—LA MEDICINA GRIEGA

La expansión del espíritu científico

A lo largo del período considerado hasta aquí no resulta útil ni posible trazar unos límites precisos entre ciencia y filosofía. Algunos pensadores, como Parménides y Heráclito, que se apoyan principalmente en argumentos lógicos, corresponden más bien a nuestra idea de lo que es un filósofo; otros, como Anaximandro o Demócrito, que se basan en la observación de fenómenos, están más cerca de nuestra concepción de lo que es un científico. Pero todos ellos, dedicados a reflexionar sobre la naturaleza de las cosas en general con muy poco fundamento empírico y formulando teorías cuya certeza no podía ser verificada por la experiencia, pertenecen a una etapa en la que todavía no estaban separados los campos del científico y el filósofo. Dicha distinción aparece de forma clara con la escuela médica, objeto del presente capítulo, y constituye el logro más importante para el método científico.

La escuela médica de Cos es famosa históricamente por ser el primer grupo científico del que han llegado hasta nosotros tratados completos. Nada ha sobrevivido de las producciones de las escuelas más antiguas, en Jonia o la Magna Grecia, excepto fragmentos incluidos en los escritos de generaciones posteriores. Pero de la escuela de Cos tenemos una serie de cerca de treinta tratados, reunidos en fecha posterior en la

llamada *Colección hipocrática*, pero procedente sin duda del trabajo de sus miembros. La escuela fue fundada hacia el año 600 a de C. El más antiguo de los textos existentes fue redactado hacia el año 500.

Hipócrates, la gran figura que dio nombre a la escuela, nació hacia el año 470 y vivió hasta edad avanzada probablemente, hasta el 370. De los tres o cuatro tratados que mencionaremos más adelante, algunos fueron redactados seguramente por el mismo Hipócrates, y todos ellos pertenecen a su época y recogen sus enseñanzas. En cualquier caso, son de importancia máxima en la historia del pensamiento científico.

La medicina griega derivó de diversas fuentes, todas las cuales contribuyeron en alguna medida a la tradición desarrollada en Cos bajo el genio de Hipócrates. En primer lugar, debe ser mencionada la medicina sacerdotal ejercida por los sacerdotes de Esculapio, dios de la medicina, que difería de la ciencia laica de los griegos en ser monopolio de una corporación cerrada. Incluía probablemente una buena dosis de charlatanismo, de indudable éxito en el consuelo y la curación de los enfermos. Esta fuente sacerdotal debió aportar una rica experiencia clínica a los primeros médicos de la escuela de Cos, que eran también sacerdotes de Esculapio, pero que habían roto las barreras de secreto y exclusividad que rodeaban los más antiguos templos médicos.

Una segunda fuente de la medicina griega fueron las especulaciones fisiológicas de los filósofos. Alcmeón de Crotona, del que ya hemos comentado su descubrimiento de los nervios ópticos y su teoría de que el cerebro es la sede de la sensación, combinó la práctica de la anatomía con teorizaciones pitagóricas acerca de la naturaleza de la salud y la enfermedad, afirmando

que la salud es una armonía de opuestos. Pero tan vagas generalizaciones son de poca utilidad en medicina. Si un hombre está enfermo es obvio que el equilibrio de su organismo está alterado. Pero no resulta muy útil un médico cuyo único criterio sea restaurar el equilibrio. Otro pitagórico, Filolao, para quien, como pitagórico, el número cuatro tenía especial importancia, afirmó que había cuatro órganos principales en el cuerpo humano: los órganos de reproducción, el ombligo, el corazón y el cerebro, correspondientes a cuatro fases ascendentes de la vida. Común a todos los seres vivientes es la facultad reproductora; en los vegetales existe además la facultad de crecer; en los animales se añade una tercera facultad, la de sentir; y en el hombre, una cuarta, la razón. De este modo, el hombre tiene órganos sexuales, sede de su facultad reproductora; ombligo, sede de su vida vegetativa; corazón, sede de la sensación, facultad que comparte con el resto del mundo animal; y cerebro, sede de la vida racional, específicamente humana. Resulta claro que una esquematización apriorística ha conducido a una apariencia de lógica ordenada del organismo humano en detrimento de la realidad. Es absurdo el énfasis puesto en el ombligo, con exclusión de órganos tan importantes como el hígado, los riñones y los pulmones, mientras que la elección del corazón como sede de las sensaciones no sólo es errónea, sino arbitraria. Empédocles es otro ejemplo de filósofo que se esforzó en contribuir a la ciencia médica. Escribió un tratado en el que intentó aplicar su doctrina de los cuatro elementos a la curación de las enfermedades. Afirmó que había dos pares de cualidades opuestas asociadas a los cuatro elementos: lo húmedo y lo seco, y lo frío y lo caliente. La tierra era seca y fría, el agua húmeda

y fría, el aire húmedo y caliente, y el fuego seco y caliente. Carecemos de detalles acerca de la aplicación de este esquema a la terapéutica, pero debió consistir en algo parecido a esto. Si un hombre está temblando y padece destilación nasal, tiene demasiado frío y humedad y debe ser curado mediante calor y sequedad; si, por el contrario, tiene fiebre alta, hay que administrarle remedios fríos.

La tercera y última fuente de medicina griega, la más modesta y a la vez la más importante, fue la experiencia de los cuidadores de los gimnasios. Estos hombres aprendieron a tratar fracturas y dislocaciones, y sin duda el alto nivel de los tratados quirúrgicos de la *Colección hipocrática* es en gran medida resultado de su experiencia. Las exigencias de los clientes de los gimnasios estimularon también la investigación en otras direcciones. Sabemos, por ejemplo, que Ico de Tarento estudió dietética y que Heródico de Selimbria aplicó la gimnasia a la recuperación de enfermos. Toda insistencia es poca para señalar la importancia de estas líneas de trabajo en el desarrollo de la medicina hipocrática. Cirugía, dieta y ejercicio son prácticamente todos los recursos terapéuticos de los médicos hipocráticos.

Con la escuela hipocrática se inicia la ciencia en su sentido más estricto. No podemos esperar muchos hallazgos concretos. Los médicos hipocráticos no tenían termómetro, ni microscopio, ni estetoscopio; tampoco tenían ningún conocimiento anatómico más allá de la observación anatómica superficial. Sus conocimientos fisiológicos fueron en consecuencia casi nulos, porque no conocían las funciones de los órganos internos y no tenían medios para analizar los productos de desecho del organismo vivo excepto mediante el sentido del

gusto. Sin embargo, a pesar de ser escasos sus conocimientos merecen el calificativo de científicos. En sus escritos hallamos una concepción de la medicina basada claramente en la observación del cuerpo humano en estado de salud y enfermedad, en la experiencia y en la recogida de datos. Son conscientes de que el saber médico sólo puede aumentar lentamente a lo largo de generaciones, y establecen una tradición de enseñanza de los resultados acumulados por la experiencia. Defienden este saber de la superstición, de la que son víctimas los hombres cuando la razón es sacudida por el miedo a la enfermedad y a la muerte. Todavía más notable es que defiendan dicho saber de base observacional y empírica contra las intrusiones de los filósofos, que vienen con sus acabadas concepciones sobre la naturaleza del hombre procedentes de la especulación cosmológica. Intentan basar sobre ellas la práctica de la medicina. Por tanto, por vez primera se hace una clara distinción entre una ciencia de carácter observacional y empírico, y la especulación, que se ocupa únicamente del material inaccesible al método experimental. Merece por último destacarse que los médicos hipocráticos poseían un ideal ético elevado de su profesión como servicio desinteresado a la humanidad. Estas ideas las expresaron normalmente en forma de aforismos. Para subrayar que el progreso científico exige el esfuerzo de sucesivas generaciones, decían: "El arte es largo y la vida breve". Y para destacar la dignidad de la profesión médica, afirmaban: "Donde hay amor al hombre, hay amor al arte".

El más notable de los tratados hipocráticos es quizás una colección de historias clínicas que recoge observaciones del curso completo de varias enfermedades, algunas a lo largo de varias semanas. Los diferen-

tes síntomas y fases de las enfermedades se recogen con una precisión sistemática; se anota el tratamiento, que generalmente consistía sólo en guardar cama y en una alimentación racional; y se describe fielmente el final de la enfermedad, que en la mayoría de los casos era la muerte. Estas historias clínicas están completamente libres del más leve asomo de superstición. En otro tratado, *Sobre la enfermedad sagrada*, se niega formal y explícitamente la concepción sobrenatural de la enfermedad. La "enfermedad sagrada" era la epilepsia, considerada generalmente hasta entonces como un castigo divino. "Me parece — dice el autor — que esta enfermedad no es más divina que las otras. Tiene una causa natural, lo mismo que las demás enfermedades. Los hombres piensan que es divina porque no la comprenden. Pero si llaman divina a cada cosa que no entienden, no existiría límite para las cosas divinas." Con una combinación de suave ironía y estricta lógica, se destierra la superstición de la medicina.

El escrito que define el método de la medicina como ciencia observacional y empírica, y lo defiende de la posible intromisión de los filósofos es el titulado *Sobre la medicina antigua*. La importancia de este tratado es tal, que lo examinaremos con alguna extensión. Comienza con un ataque directo contra los enemigos de la tradición médica, es decir, "todos los que intentan hablar o escribir de medicina con una hipótesis o postulado como base de sus argumentos". A continuación se citan los elementos de Empédocles, considerados desde sus cualidades, lo caliente, lo frío, lo húmedo y lo seco, como ejemplos de tales postulados; y aquellos que intentan reducir el principio causal de las enfermedades y de la muerte a uno o más de estos postulados, son censurados por entrometerse en un arte que

es de capital importancia para la humanidad y cuyo progreso se basa en la observación y la experiencia. El capítulo termina con una recomendación sarcástica a los filósofos para que reserven sus postulados para tratar de misterios insolubles: "por ejemplo, las cosas del cielo, o las subterráneas. Si un hombre expone la naturaleza de estas cosas, ni el que lo dice ni los que lo oyen pueden averiguar si sus afirmaciones son verdaderas o no. Puesto que no hay ninguna prueba que proporcione certeza".

"La medicina —continúa el segundo capítulo— tiene acceso a todas las cosas que le conciernen y ha encontrado un principio y un método mediante los cuales se han hecho muchos e importantes descubrimientos a lo largo de numerosos años; con ellos se descubrirá todo lo que falta, si un hombre bien dotado domina los conocimientos existentes y los utiliza como punto de partida de su trabajo. Cualquiera que los rechace o los menosprecie e intente dirigir la investigación en cualquier otro sentido, afirmando que ha descubierto algo, está completamente equivocado."

El arte de la medicina, prosigue el texto, nace porque los hombres enfermos no se curan si continúan comiendo el mismo alimento que cuando están sanos. Mediante la observación de las modificaciones que deben introducirse en la alimentación para ajustarla a las diferentes constituciones y estados de salud, se desarrolla un saber que, aunque incompleto y limitado, es seguro, porque puede curar de modo definitivo algunos casos y porque puede ser enseñado. Tales son el método y la tradición de la "medicina antigua" que deben ser mantenidas frente a las innovaciones de los filósofos.

Cuando los filósofos se ocupan de problemas médi-

cos se basan en postulados. Es decir, aplican teorías procedentes de sus especulaciones sobre la naturaleza de las cosas, tales como explicar el origen de las enfermedadés por un exceso de calor, frío, humedad o sequedad. Tratan entonces obligadamente de contrarrestar el frío con el calor, y la humedad con la sequedad. Supongamos que está enfermo un hombre, cuya dieta normal es trigo sin cocer, carne cruda y agua. Un seguidor de la "medicina antigua" le tratará, sustituyendo el trigo por pan, la carne cruda por carne hervida, y añadiendo vino al agua. ¿Qué remedio sugeriría el nuevo médico filósofo? ¿Una dieta de calor, frío, humedad o sequedad? "Creo que le he planteado una gran dificultad", afirma el autor, permitiéndose un modesto triunfo. A continuación señala que no existen cosas como el calor en sí mismo, o el frío en sí mismo. Existen únicamente cosas calientes, frías, húmedas y secas, y lo que el médico debe prescribir a sus enfermos son cosas que posean varias cualidades, de las que el calor, el frío, la humedad y la sequedad no son las más importantes. Porque, por una parte, el cuerpo humano tiene una capacidad interna de reaccionar ante la temperatura, y por otra, son cualidades como el sabor amargo, el dulce o el ácido las que alteran la salud del hombre cuando están en exceso. Las enfermedades no son el resultado de una o dos causas, sino de una amplia variedad de ellas; y "debemos considerar causas seguras de una afección todas aquellas cosas cuya presencia es necesaria para que aparezca y cuya ausencia determina su desaparición".

Tal es el contenido de este brillante tratado. Es probablemente la más profunda exposición del método basado en la observación y la experiencia que conservamos de la Antigüedad. Desempeñó un papel muy

importante en la restauración de la medicina científica en los tiempos modernos. Por ello, Jacques Massard, decano del Colegio de Médicos de Grenoble y miembro de la Real Academia de Medicina francesa, reconoce en un texto de 1686 su mérito e influencia. "Hipócrates — afirma — compuso este tratado sobre la medicina antigua, para oponerse a ciertos innovadores de su tiempo que se esforzaban por establecer como causa de las enfermedades el calor y el frío, la sequedad y la humedad, y con este falso principio estaban alterando la base de la medicina antigua. Este gran hombre combate este peligroso error y muestra cómo la base de la medicina debe ser la experiencia sensorial, y que los alimentos y remedios se deben juzgar por el lugar que ocupan en la naturaleza y de acuerdo con el bien o mal que se recibe de ellos, y no sobre la base de hipótesis imaginarias, como esos innovadores deseaban."

Antes de terminar nuestra exposición de este texto, debemos aclarar el tipo de teorías a las que se opone el autor del tratado *Sobre la medicina antigua*. No critica, naturalmente, las teorías en el sentido moderno, es decir, las exposiciones resumidas de las conclusiones procedentes de la observación de los fenómenos y confirmadas por la experiencia. Tales hipótesis son necesarias para la ciencia y él mismo las emplea constantemente. Lo que critica son los postulados o verdades generales consideradas como evidentes en sí mismas y propuestas, no para ser confirmadas por la experiencia, sino como base para deducciones lógicas. En el gran debate en torno a la razón y los sentidos, el autor del tratado *Sobre la medicina antigua* está en el polo opuesto a Parménides. En medicina, al menos, no admite la validez de ningún argumento, por muy convincente que sea, hasta que sus conclusiones no hayan

sido sometidas a la comprobación de la experiencia. La Antigüedad perdió pronto de vista esta verdad, que quedó en el olvido hasta que fue redescubierta por los iniciadores de la ciencia moderna. Roger Bacon, por ejemplo, afirma en su *Opus majus*: "Hay dos caminos para conocer: la razón y la experiencia. La razón nos permite sacar conclusiones, pero no nos proporciona sensación de certidumbre ni nos quita las dudas de que la mente está en posesión de la verdad, a no ser que la verdad sea descubierta por el camino de la experiencia".

En lo que llevamos expuesto, resulta notable la escasa importancia de la contribución intelectual de la península griega. Hacia mediados del siglo v, sin embargo, Atenas asumió la primacía cultural de forma paralela a como ya lo había hecho en política. El papel predominante que había desempeñado en las guerras contra Persia durante las primeras décadas del siglo, junto con su poderío naval, le concedieron una hegemonía indiscutible, no sólo entre los habitantes de la península, sino entre los griegos asiáticos. Los bellos templos que Pericles hizo construir con los tributos de sus aliados se convirtieron en el símbolo externo de su poder y de su distinción, mientras el nuevo teatro de Esquilo y sus sucesores estableció y mantuvo su prestigio intelectual.

El teatro, que permite una audiencia de decenas de miles de espectadores, era la expresión artística más adecuada para una ciudad-estado democrática, lo mismo que el canto épico había resultado apropiado para un régimen de reyezuelos y señores feudales y la lírica personal el medio natural de expresión de los aristócratas individualistas. Pero el rico contenido filosófico de la tragedia ateniense es prueba de las diversas in-

fluencias extrañas que, con la ascensión al poder, empezaron a volcarse en el ambiente intelectual, relativamente vacío, de la capital ática. En comparación con Mileto, Éfeso, Crotona y Elea, Atenas era todavía culturalmente una ciudad atrasada, pero al asumir la hegemonía de los griegos asiáticos se inició en ella una era ilustrada. Gracias a haberse conservado muchas de las obras maestras de la literatura de esta época, podemos apreciar el impacto de las nuevas ideas sobre una sociedad receptiva. Salvo el *Prometeo* de Esquilo, ningún otro texto de cualquier otro período de la historia de la literatura refleja con más vigor la conmoción espiritual de una sociedad, a la vez exaltada y temerosa, ante la perspectiva de una revolución intelectual. Prometeo, donador de las artes a los hombres, es el símbolo del esfuerzo consciente de la humanidad para tomar su destino en sus propias manos y conseguir un mundo mejor. Pero la ruptura con el pasado no es fácil. Continúan siendo importantes las viejas lealtades instintivas. ¿No hay soberbia en la innovación? ¿No es arriesgado sobrepasar los límites tradicionales? Prometeo sufrirá, en consecuencia, a causa de su orgullo. Para quienes estén interesados en la historia del pensamiento, no como un relato de logros supuestamente conseguidos en una atmósfera de sosiego filosófico, sino como fermento en una sociedad en desarrollo, este texto es un documento de capital importancia.

Es cierto que las nuevas ideas encontraron resistencia en Atenas. Como hemos dicho, el primer filósofo que se estableció en dicha ciudad fue Anaxágoras de Clazomene. Protegido al principio por el mecenazgo de Pericles, difundió una versión particular de la filosofía natural de los griegos asiáticos e italianos. Sus

doctrinas se reflejan en más de un pasaje de las tragedías de Eurípides. Acabó provocando la animosidad de la democracia conservadora ateniense. En un famoso texto, Milton habla de Atenas como "cuna de grandes genios y ciudad hospitalaria", pero de hecho a los genios, tanto propios como extranjeros, se les advirtió a menudo que habían abusado de la hospitalidad. Esquilo terminó sus días en Acragas, el lugar de nacimiento de Empédocles: Eurípides murió en Macedonia. Y los descubrimientos astronómicos de Anaxágoras fueron mucho más de lo que los incultos atenienses estaban decididos a tolerar. Porque, aunque no habían aprendido aún a adorar a los cuerpos celestes —esto llegaría más tarde—, compartían el temor supersticioso de los pueblos sencillos ante los fenómenos celestes. De modo que, cuando Anaxágoras afirmó que el sol es una piedra roja caliente, que la luna es un cuerpo terroso que brilla por la luz que refleja, y ofreció de acuerdo con ello una explicación natural de los eclipses solares y lunares, en vez de ser aplaudido fue acusado de impío y tuvo que huir a Lamsaco, en los Dardanelos.

Otro de los extranjeros atraídos por los mismos años a la principal ciudad del mundo griego fue Hipócrates de Quío, cuya estancia resultó más afortunada. La tradición cuenta que, debido a la pérdida de sus propiedades, se vio obligado a ganarse la vida con la enseñanza. Se quedó en Atenas, consagrado a esta actividad durante muchos años, probablemente desde el 450 al 430 a. de C. La necesidad ha sido el motor de müchos libros, e Hipócrates destaca por ser el primer autor que escribió un manual de geometría. Sus *Elementos* prepararon el camino de la ulterior obra maestra de Euclides. También aportó brillantes contribu-

ciones a la resolución de la cuadratura del círculo y de la duplicación del cubo. No tenemos noticias de que fuera desterrado. Los físicos han estado a menudo en contradicción con las ortodoxias religiosas. Los matemáticos nunca. Las matemáticas y la teología, en cuanto pueden ser consideradas como ciencias deductivas independientes de la experiencia, son aliados naturales. Dios es siempre un geómetra.

Con la aparición de grandes centros comerciales como Atenas, y por citar un ejemplo occidental, Siracusa, la enseñanza retribuida llegó a ser habitual. Profesores ambulantes, conocidos en la historia como sofistas, son característicos de este período. Se trasladaban de ciudad en ciudad, enseñando matemáticas, dando conferencias sobre medicina o astronomía y lecciones sobre retórica y política. Algunos de ellos hicieron importantes contribuciones científicas. Hippias de Elis inventó una curva para la trisección de cualquier ángulo, conocida más tarde como cuadratriz, cuando se conoció su aplicación a la cuadratura del círculo. Otros notables sofistas fueron Gorgias de Leontini, Sicilia, y Protágoras de Abdera, un conciudadano de Demócrito, a los cuales tendremos ocasión de referirnos más adelante. Fueron los adelantados de nuestra moderna enseñanza superior, pero más tarde, por enseñar a cambio de dinero fueron despreciados por Platón, que tenía una fuente de ingresos independiente. De esta forma, su nombre ha adquirido un sentido peyorativo.

Un hombre básicamente del mismo tipo que los sofistas, y ejemplo de la incansable actividad de su época, fue el gran historiador Heródoto. Nacido hacia el 485 a. de C. en Halicarnaso, decidió como muchos otros trasladarse a Occidente a causa del malestar po-

lítico. Compartió su suerte con la de los colonos que iban a Turios, Italia, la ciudad para la que Hipódamo de Mileto había hecho los planos. En su camino hacia allá, en el 445 a. de C., se detuvo en Atenas y dio conferencias públicas acerca del trabajo histórico, en el que estaba ocupado. Este trabajo, en su forma final, ha sobrevivido a la destrucción de la literatura griega y constituye el primer texto histórico europeo existente. Es notable por la amplitud de su temática. De la misma manera que Anaximandro había intentado hacer un mapa del mundo civilizado, Heródoto intentó escribir su historia. Su tema principal es la lucha entre Oriente y Occidente, entre Persia y Grecia, culminando con las batallas de Maratón y Salamina. Comienza, sin embargo, con las civilizaciones antiguas orientales, recogiendo en sus primeros libros lo que conocía o deseaba que otros pensaran que sabía, acerca de los orígenes de las civilizaciones egipcia y babilónica.

Heródoto fue un producto del intelectualismo jónico, y como tal, su deuda espiritual con la *Ilíada* es inmensa, que en el caso de la historia es naturalmente muy directa y obvia. Igual que Homero entiende la dinámica histórica como una conjunción de caracteres y situaciones. Consecuentemente, los sucesos de su historia se desarrollan sobre un fondo de tipos nacionales y llevan la impronta de los caracteres de los principales protagonistas. Esta clase de historia es laica y científica en su concepción central, y no resulta sorprendente que Heródoto afirme explícitamente que rehúye en lo posible las controversias religiosas. Entre los escritos hipocráticos hay uno, titulado *Sobre los aires, las aguas y los lugares*, que aplica con seguridad y altura el naturalismo jónico a los problemas de la

historia humana. Anaximandro había sugerido que el hombre es un producto de la naturaleza, una generación espontánea de la madre tierra en una fase determinada de su historia. *Sobre los aires, las aguas y los lugares* desarrolla el tema, tratando de exponer los efectos del clima y la geografía sobre la salud, y de manera más general, sobre el carácter. El estilo de Heródoto es el mismo. Tenía tanta fe en que la historia es inteligible como Tales en que el cosmos puede ser entendido.

Un ejemplo notable de su identificación con el estilo de la ciencia jónica aparece en el curso de su descripción de los aspectos físicos de Egipto. El saber geológico había hecho algunos progresos entre los jónicos. Cien años antes de Heródoto, Jenófanes de Colofón, un poeta filosófico, había observado que se encuentran conchas bastante tierra adentro y que en las canteras de Siracusa había *huellas*, como los griegos las denominaban, o como nosotros decimos fósiles, de peces, algas marinas, etc. A partir de estas observaciones, sacó la conclusión de que lo que entonces era tierra seca debía haber estado en el pasado bajo el agua. Heródoto tiene una concepción geológica similar acerca de la formación de la corteza terrestre. Conocedor del vasto depósito aluvial arrastrado por el Nilo y familiarizado con la tipografía de su delta, defendió osadamente la opinión de que todo él había sido formado por el depósito aluvial del Nilo. Conoce fenómenos similares en muchos lugares del área egea (menciona cinco ejemplos) y concluye con la sugerencia de que si el Nilo invirtiese su curso y desaguase en el golfo arábigo lo llenaría de lodo en veinte, más aún, en diez mil años. El significado de estos cálculos de

decenas de miles de años, y la concepción de inmensas alteraciones en la estructura del globo como resultado de una lenta acción de causas naturales, destaca de forma especial si recordamos que se perdió muy pronto la comprensión de la naturaleza necesaria para realizar estos cálculos. "Este pobre mundo tiene casi 6.000 años", exclama Rosalinda en *As you like it*, expresando la opinión corriente de una época en la que la ciencia natural había sido ahogada desde hacía mucho tiempo por los prejuicios religiosos. Y como ya hemos dicho, la concepción que de la edad del mundo tenía Rosalinda aún era la ortodoxa cuando la reina Victoria subía al trono de Inglaterra. Concepciones tan estrechas como las habituales en los siglos XVI y XIX hubieran parecido intolerables a Heródoto.

Más significativa aún, como prueba de la penetración de las concepciones científicas en la mente griega del siglo V, es la historia de Tucídides, el gran rival de Heródoto. Rechazando abiertamente considerar lo sobrenatural como causa histórica, profundizó en las concepciones homéricas y de Heródoto, que entendían el acontecer histórico como una conjunción de caracteres y situaciones, con una profunda comprensión de la importancia del factor económico en la evolución de la lucha por el poder entre Atenas y Esparta, de tal manera que la conexión necesaria entre los hechos fuese un a lección para la posteridad. No supuso una ruptura abrupta en la tradición historiográfica, pero fue tan grande su penetración y tan perfecta su concepción de la historia como un proceso reglamentado por leyes naturales, que se le llama con justicia el primer historiador estrictamente científico.

Tal concepción de la historia es criticada a menudo, lo mismo que el universo de átomos de Demócrito, como si implicase una negación de la libertad humana. Esto no es verdad. La conexión causal que un escritor como Tucídides trata de establecer entre los hechos no es meramente una causación mecánica, como la que presidía el movimiento de los átomos en el sistema de Demócrito, sino que descansa en la creencia de que la mente y el carácter humanos son productos y partes de la naturaleza y, como tales, objetos adecuados de la investigación científica. El autor hipocrático del tratado *Sobre la medicina antigua* establece de manera clara que considera las especulaciones físicas de los filósofos naturales insuficientes para explicar las actividades fisiológicas del organismo humano. Menos aún podía Tucídides aceptar el punto de vista de que el elemento psicológico en la sociedad, la razón humana a la que él dirigía su trabajo, fuese reductible a leyes físicas. No era fatalista. Tenía una visión trágica pero no desesperanzada del destino humano. El propósito de su vigoroso y magnífico libro fue hacer a las generaciones posteriores más sabias que la suya, con la esperanza de que podrían evitar el desastre que ésta había producido.

Cuando uno considera lo conseguido por los griegos en el terreno científico durante los doscientos años comprendidos entre Tales y el final del siglo v, comprende que los que descuidan las implicaciones a-científicas de los términos hayan llegado a llamarlo milagro. Una tradición intelectual mantenida durante unas pocas generaciones transformó la visión humana del mundo. Las matemáticas avanzaron desde una desordenada serie de reglas prácticas en las que la idea de

prueba sólo se atisbaba ocasionalmente, a una ciencia sistematizada que se planteaba abiertamente la idea de basar toda su estructura en una deducción lógica a partir del menor número posible de axiomas y postulados. La astronomía, aunque procedía de los babilonios en lo relativo a la observación de los movimientos aparentes de los cuerpos celestes, cambió completamente de carácter en Grecia. Dejó de ser solamente una astronomía de posiciones aparentes y se convirtió en un esfuerzo para determinar la materia de la que están compuestos los cuerpos celestes así como las causas físicas de sus movimientos. El problema de la constitución de la materia fue resuelto por el atomismo, que tiene una innegable semejanza con las hipótesis básicas de la física y la química modernas. El origen del cosmos fue explicado en términos similares a los sistemas de Kant o de Laplace, sometiendo al cielo a las mismas leyes vigentes en la tierra. Estas brillantes teorías sobre la constitución de la materia y el origen del universo fueron formuladas con una combinación de observación y razonamiento, de tal forma que nos interesan más por la validez de su método que por el hecho de que sus concepciones anticipen las conclusiones modernas. Finalmente, en la escuela médica de Cos se realizó un avance decisivo, puesto que se afirmó de manera clara que en un área en la que el material que se está investigando es accesible al investigador, no se pueden aceptar conclusiones basadas en la deducción a partir de hipótesis mientras no sean sometidas a la experiencia.

Resultaba inevitable que una ciencia como ésta repercutiera también más allá del pequeño círculo de científicos. Tendió de hecho a convertirse en una leva-

dura social, al reconocerse la ciencia como principio fundamental de comportamiento. El viejo sobrenaturalismo resultó amenazado como algo anticuado y digno de desaparecer. Ya no hacía falta que Zeus manejase el rayo. Poseidón y sus ninfas se convirtieron en adornos poéticos. La enfermedad no era ya el castigo de la divinidad ofendida. La piedra incandescente que es el sol, y la luna, brillando con luz reflejada, difícilmente podían ser identificados con Apolo y Diana. Un general que considerase los eclipses como un aviso sobrenatural era considerado como un ejemplo lamentable de debilidad supersticiosa e incluso como un peligro público. Las pitonisas y los adivinos se vieron obligados a luchar para conservar su posición en la sociedad.

Una anécdota de Plutarco refleja el carácter de aquellos tiempos. Se refiere a la influencia de Anaxágoras en la Atenas de Pericles. "Entre otras ventajas —escribe Plutarco— que Pericles tenía por su relación con Anaxágoras, era que, al parecer, había superado todo tipo de superstición, ese sentimiento que provoca el temor ante las cosas que suceden en regiones que están por encima de nosotros. Afecta a los que ignoran las causas de tales cosas, y están obsesionados por la idea de la intervención divina y azorados por su inexperiencia en este campo; las doctrinas de la filosofía natural, por el contrario, hacen desaparecer dicha ignorancia y sustituyen las supersticiones temerosas y acaloradas por el respeto firme que consigue una legítima esperanza.

"Se cuenta que una vez la cabeza de un carnero unicorne fue llevada a Pericles desde su lugar de nacimiento y que Lampón, el adivino, cuando vio que el cuerno había crecido fuerte y sólido en la mitad de la

frente, declaró que, a pesar de que había dos poderes en la ciudad, el de Tucídides y el de Pericles, el gobierno recaería finalmente en un solo hombre, aquel al que había sido entregada esta señal. Anaxágoras, sin embargo, cortó el cráneo en dos y mostró que el cerebro no ocupaba todo el espacio, sino que estaba encogido como un huevo y desplazado hacia la cavidad de donde partía la raíz del cuerpo. En aquel momento, dice la historia que fue Anaxágoras el que ganó el aplauso de los presentes. Pero poco después fue Lampón el aplaudido, porque Tucídides fue depuesto y se confió a Pericles el gobierno entero de los intereses del pueblo.

"Ahora bien, nada impedía, en mi opinión, que ambos, el naturalista y el adivino, estuviesen en lo cierto; el primero aclaró correctamente la causa eficiente, el otro la causa final. La tarea del primero consistía en observar por qué algo ocurre y cómo es que llega a ser lo que es; y la del segundo, en aclarar con qué propósito ocurren las cosas y qué significan. Y aquellos que afirman que el descubrimiento de la causa eficiente de cualquier fenómeno suprime el significado, no se dan cuenta de que se oponen, no sólo a los augurios divinos, sino también a las señales corrientes, como el sonido del batintín, el lenguaje del fuego y el de las sombras de los relojes de sol. Cada uno de ellos se ha adaptado deliberadamente a un significado especial. Sin embargo, esto quizá sea objeto de otro tratado."

La conciliación que hace Plutarco entre las exigencias de la causalidad científica y las de gobierno providencial del universo, es muy interesante. Reaparece cada vez que la controversia entre naturalistas y sobrenaturalistas se presenta. Pero es importante observar que Anaxágoras argumentó su afirmación y que la

experiencia posterior ha reforzado la validez de su método de interpretación de los fenómenos. Lo contrario ha ocurrido con la afirmación de Lampón. Ningún gobierno civilizado mantiene ahora un adivinador del estado para interpretar el significado político de los monstruos biológicos.

VI. — SÓCRATES Y PLATÓN

El nacimiento de la filosofía del alma. Crítica de la ciencia jónica

Platón y su maestro Sócrates son los dos únicos pensadores importantes oriundos de Atenas, pero ningún otro par de nombres ha alcanzado un lugar tan alto en la historia del pensamiento. Su contribución fue tan decisiva que es habitual dividir a los pensadores griegos en presocráticos y postsocráticos, y socrático en este contexto es casi sinónimo de platónico. Ello es debido a que Sócrates no legó escritos a la posteridad, siendo conocido por ésta principalmente a través de los diálogos en que Platón dramatizó su personalidad y conservó su pensamiento.

Ha sido y es una tema discutido decidir si la revolución intelectual encabezada por Platón y Sócrates fue o no beneficiosa para la ciencia. Hay autores según los cuales Platón es tan gran filósofo como científico. Otros, por el contrario, consideran la influencia platónica nefasta para la ciencia y se niegan a admitir que el árbol de ésta haya crecido bajo la sombra de su filosofía. La verdad se sitúa entre ambos extremos. Platón combatió la ciencia jónica con apasionado odio toda su vida; el platonismo transmitió al pensamiento medieval una concepción que fue incompatible con el crecimiento de la ciencia positiva; y cuando la ciencia renació en Europa occidental durante los siglos XVI

y XVII, retornó, por encima de Platón, el estilo y los métodos de los pensadores presocráticos. Pero no podía reanudarse sin más la vieja tradición jónica sin caer en un gran anacronismo. Hay aspectos de la obra de Platón que deben ser tenidos en cuenta, algunos de tanta importancia que los logros de sus predecesores pueden calificarse con justicia de orígenes del pensamiento griego. Platón oscureció extraordinariamente algunos problemas, pero también clarificó otros de gran importancia.

Las tendencias por las que combatió Platón existían desde mucho tiempo antes en el pensamiento griego, pero se encarnaron en la persona de su maestro Sócrates, quizás el más conocido y estimado hijo de Atenas, y una de las más fuertes personalidades en la historia humana. Sócrates, que nació en 469 a. de C., fue en su juventud seguidor de la tradición jónica de filosofía natural y compañero de Arquelao, continuador de la obra de Anaxágoras en Atenas. Es muy probable que él mismo fuera el centro de un grupo de investigadores interesados en la filosofía de la naturaleza y que conociese muy bien los escritos de las escuelas asiática e italiana. Pero se desilusionó de la ciencia física debido a que ésta no tenía en cuenta el elemento consciente y voluntarioso del hombre que él llamó alma. Hombre de indomable valor y reformador nato, no admitía que el espíritu activo, inquisidor y obstinado que mandaba en su corazón, y a cuyo mandato estaba dispuesto en todo momento a entregar su vida, pudiese ser explicado de manera adecuada por ninguna de las filosofías materialistas, ni tampoco creyó que esas filosofías ofrecieran una clara guía para el individuo o la sociedad acerca del recto vivir. De todas las sentencias que los filósofos naturales habían

escrito, solamente una le pareció de interés. Anaxágoras había empezado su libro sobre la *Naturaleza de las cosas* con la siguiente frase: "Al principio todo era confusión, luego llegó la razón y la redujo al orden". En el resto de su obra Anaxágoras no mencionaba más el concepto de razón. Pero para Sócrates se había abierto un nuevo camino de investigación. No se interesó ya más en interpretar el mundo fenoménico como una sucesión de causas y efectos mecánicos. Porque, pensó, si es la razón la que ordena las cosas, entonces cada cosa debe estar ordenada para lo mejor, y la pregunta sobre las causas de las cosas debe ser una pregunta sobre qué es lo mejor. Este fue el nuevo impulso que dio a la filosofía y a la ciencia. Comenzó con la búsqueda de pruebas de un plan inteligente del universo en contraposición al reino de las leyes mecánicas.

El nuevo enfoque tuvo, naturalmente, sus antecedentes. Lo que Sócrates hubiera pedido a Anaxágoras es que si afirmó que la tierra era plana o redonda o estaba en el centro del universo, hiciese constar también que esto era así porque era lo mejor. Encontramos anteriormente algo parecido a esto entre los pitagóricos, que habían decidido que la tierra era redonda porque una esfera es la forma perfecta. Y no hay duda que al introducir la doctrina de la razón, a la que Platón iba a dar tan notable amplitud, Sócrates continuaba la tradición pitagórica. Como la doctrina de la razón o alma es la que caracteriza la obra de Sócrates, debemos esforzarnos por precisar más exactamente su originalidad.

En los poemas homéricos el alma sobrevive a la muerte del cuerpo, pero es considerada como una especie de doble indefinido del hombre real que ha muerto. La ciencia jónica heredó este punto de vista.

Para ella el alma era una sustancia material como el cuerpo, aunque compuesta de una materia más sutil. Cuando se intentaba dar cualquier explicación de los fenómenos de la mente y de la conciencia se hacía en términos de mezcla física. Así, por ejemplo, Empédocles afirmaba que los cuatro elementos que había en nuestro interior reconocían los cuatro elementos del mundo exterior, y Demócrito que corrientes de átomos atraían a través de los órganos sensoriales imágenes del mundo exterior. Es cierto que los atomistas hicieron observaciones agudas acerca de la naturaleza de la sensación y de las cualidades sensibles de las cosas, llegando incluso a mantener que cualidades como el color, el calor y el sonido no existen separadas del sujeto que las percibe, sino que son efectos producidos sobre los órganos de los sentidos por el movimiento de los átomos en el vacío. Pero esto es todavía física. Ni siquiera supone el punto de partida de la psicología. El problema de la conciencia y de la percepción no fue planteado hasta que se las distinguió con claridad del contacto físico y de la mezcla.

La noción de alma inmortal diferente, en algún sentido, al cuerpo aparece en los textos de Heráclito y Pitágoras, que pensaban que el alma estaba aprisionada dentro del cuerpo y en peligro de ser contaminada por él. Heráclito, que concebía el alma en forma de fuego, recomendaba sobriedad, basándose en que la humedad apaga el fuego sagrado.

"Un alma seca —dijo— es la mejor." Y los pitagóricos habían enseñado la doctrina de la metempsícosis o transmigración de las almas, asociada a la idea de un renacimiento más feliz para aquellas que hubiesen sido constantes en practicar el bien. Parece también evidente que en los más elevados círculos de la her-

mandad pitagórica se desarrolló una interesante evolución. En el mundo griego de los siglos VI y V había muchos cultos mistéricos en los cuales los iniciados sufrían ritos de purificación para preparar el alma para la vida posterior a la muerte. En estos cultos parece que predominaba el elemento emocional. Los pitagóricos concibieron la idea de que el conocimiento es una purificación, en su hermandad el estudio de las matemáticas se convirtió en una forma de iniciación del alma para la vida eterna. Hemos visto que al principio sus matemáticas eran de naturaleza semimaterial. Números y cosas no se distinguían claramente entre sí. Pero, al formularse la teoría atómica a mediados del siglo V, se impuso la distinción entre matemáticas y física, convirtiéndose las matemáticas en una ciencia abstracta distinta de la física por ser independiente de la percepción sensorial. Se desarrolló, en consecuencia, una oposición entre los cultivadores de ambos tipos de ciencia. La especulación física parecía circunscribirse al perentorio mundo de los fenómenos, al cambio de Heráclito, que Parménides había denunciado como una mera ilusión de los sentidos; mientras que las matemáticas, cuyo objeto eran las relaciones espaciales y numéricas, eran la ciencia de lo eterno y lo inmutable, independientemente de la falaz prueba de los sentidos, y aprehendida solamente por la razón o el alma. Las matemáticas eran, por tanto, una iniciación a la razón divina.

Según cuenta el relato platónico, Sócrates encontró en la naturaleza del conocimiento matemático un argumento en favor de la inmortalidad del alma. Los objetos del saber matemático no se derivan de los sentidos. Los triángulos y círculos que encontramos en la naturaleza sirven únicamente como señales o

copias visibles de las formas ideales con que el geómetra opera. No existen en la naturaleza círculos o triángulos equiláteros o verdaderas líneas paralelas. Las figuras ideales que las matemáticas postulan en sus definiciones, y las verdades que deducen de esas definiciones, son independientes de la experiencia. Una vez que hemos comprendido las propiedades del círculo, no confirma nuestra convicción de su verdad aumentar el conocimiento de los círculos imperfectos existentes en la naturaleza. El conocimiento matemático es independiente de la experiencia y es el modelo por el que la juzgamos. Su verdad es absoluta, eterna e inmutable y las almas que conocen tales verdades (y Sócrates se encargó de demostrar que su conocimiento está latente en todas) deben haber adquirido dicho conocimiento en otro mundo, un mundo en el cual el alma estaba en contacto directo con las verdades eternas de las que este mundo sólo puede mostrar imitaciones fugaces e imperfectas.

Sócrates concedió, en el terreno de la ética, una gran importancia a esta doctrina matemática de un mundo independiente de realidades suprasensibles. Este era el tema que más le apasionaba. La corrupción de la moral pública y privada en Grecia durante las guerras del Peloponeso ha sido pintada con los colores más oscuros por el historiador Tucídides. Es típico del carácter racional de la civilización griega que Sócrates no asumiera en esta situación el papel de portavoz de Dios, como es el caso de los profetas hebreos; se esforzó, por el contrario, en crear una ciencia de la ética. Su tarea fue obstaculizada por la concepción escéptica y relativista que en filosofía y moral era común entre los intelectuales. Un proverbio del sofista Protágoras ha sido generalmente considerado como ex-

presión típica del espíritu de aquel tiempo. "El hombre es la medida de todas las cosas", afirmó, y es bastante probable que con ello quisiera negar la existencia de patrones absolutos de conducta. Otro sofista, Gorgias, puso a la cabeza de sus enseñanzas tres proposiciones inquietantes: "No hay verdad; si la hubiera, no podría ser conocida; y si pudiera ser conocida, no podría ser comunicada". La ambición de Sócrates fue poner fin a este escepticismo.

Su método era intentar extender a los conceptos éticos la claridad y certeza de los conceptos matemáticos puros. De la misma manera que creía que en todas las almas hay un conocimiento latente de las verdades matemáticas eternas, y que la enseñanza de las matemáticas no consistía en introducir algo externo sino en despertar este conocimiento en el alma, estaba convencido de que las formas ideales de virtud eran parte del conocimiento que cada hombre trae consigo al mundo. La justicia perfecta, la verdad perfecta, la belleza perfecta, lo mismo que los círculos perfectos, no existen en la naturaleza. Por lo tanto, su conocimiento no puede proceder de la experiencia, sino que es parte de la herencia que el alma trae consigo de la existencia anterior en un mundo inmaterial. Encerrada en el cuerpo, el alma tiene dificultad en recuperar la visión de lo bueno. Pero una educación en matemáticas, al desviarlo desde el mundo sensible al de las formas puras, le puede preparar para la filosofía, es decir para la búsqueda racional de la virtud absoluta.

Sócrates también intentó, con menos convicción y menor éxito, extender la doctrina de las formas a la totalidad de la naturaleza. Se habla mucho en los diálogos socráticos de la idea o forma de hombre, de caballo, incluso de mesa y silla. Todo el mundo visible

es una copia o imitación de un mundo inteligible de formas puras el cual es la verdadera realidad. Éste es el conocimiento que el alma debe asimilar, el conocimiento de las realidades suprasensibles de su propia morada eterna. Someterse a las nociones confusas que se adquieren del mundo físico, en cambio perpetuo, a través del falaz medio de los órganos de nuestros sentidos corporales, no es más que corromper el alma. "Si no vamos a conocer nunca nada absolutamente —hace Platón exclamar a Sócrates en el *Fedón*—, debemos liberarnos del cuerpo y contemplar las realidades verdaderas solamente con los ojos del alma. Pues, como nuestra razón demuestra, cuando estemos muertos tendremos más posibilidad de poseer la sabiduría que deseamos y de la que declaramos estar enamorados, que no mientras vivimos... Mientras vivamos estaremos más cerca del saber si evitamos, en lo posible, trato y unión con el cuerpo, excepto en lo que sea absolutamente necesario, y no estamos contagiados por su naturaleza, sino que nos conservamos puros de él hasta que el mismo Dios nos haga libres." (66d-67a.)

Sócrates, entusiasmado por sus nuevas concepciones de la virtud y el conocimiento absoluto y por la doctrina de la inmortalidad del alma, se nombró a sí mismo, como su propio instinto le hizo decir, enviado de Dios; como misionero entre sus conciudadanos, les instó oportuna e inoportunamente a que atendiesen a la salvación de sus almas y no permitiesen que ninguna otra consideración fuese de más peso que ésta. Cuando en su setenta aniversario, un gobierno tirano que odiaba su carácter independiente le llevó a juicio por un delito imaginario, aprovechó la coyuntura de su inminente martirio para recomendar por última vez al pueblo ateniense su evangelio de la inmortalidad del alma; sus

últimas horas antes de tomar la poción de cicuta las pasó exponiendo sus más profundos pensamientos sobre el tema al círculo íntimo de sus amigos y compañeros. Estas escenas han sido inmortalizadas por Platón en páginas que aún son consideradas uno de los más sublimes logros de la literatura. Pero el admirador de la tradición física presocrática no puede considerar sin pena la nueva orientación dada por Sócrates al pensamiento griego. Para Sócrates la ciencia física era un completo desatino o, más aún, una verdadera enfermedad; y el patético relato de su juicio, sus últimos días y su muerte, leído y releído generación tras generación por jóvenes escolares, está, por desgracia, inseparablemente unido a un ataque contra el cuerpo como fuente de contaminación, siendo los sentidos una trampa y el mundo un vano y fugaz espectáculo.

Sócrates realizó una contribución esencial al protestar contra las pretensiones de la ciencia física de su tiempo de explicar completamente la realidad. Su afirmación de que el alma del hombre es un principio activo y no meramente pasivo, y su rechazo de los esfuerzos para explicar su actividad mediante la interacción física de partículas materiales, prepararon el camino para una genuina psicología. Pero su rebelión radical contra la investigación física fue unilateral y reaccionaria y tuvo resultados contraproducentes. Desde entonces, las matemáticas, la ética y la teología estuvieron inseparablemente unidas como ciencias *a priori*, independientes de la experiencia, fuentes de la única verdad alcanzable y tajantemente opuestas a la ciencia física, condenada como materialista, atea e inmersa en la "hez del mundo de los sentidos". Se ha dicho a menudo que el advenimiento del cristianismo significó el derrumbamiento de la ciencia antigua. Pero el des-

precio por el mundo físico, que fue una de las principales razones de la muerte de la ciencia, había encontrado ya expresión acatada en la filosofía de Sócrates. Y, como veremos, la mentalidad que perseguiría a un Galileo o a un Bruno por sus teorías físicas iba a nacer en la mente del principal discípulo de Sócrates. En esto, como en muchas otras cosas, Platón fue el punto de partida de muchas actitudes cristianas.

Platón, nacido el 428 a. de C., tenía cerca de treinta años cuando su maestro Sócrates fue víctima del asesinato judicial por parte de la democracia ateniense. Abandonó hastiado sus aspiraciones políticas y se dedicó a viajar y estudiar, así como a la redacción de una serie de diálogos en honor de la vida y enseñanzas de su difunto maestro. A su regreso, hacia los cuarenta años, fundó en Atenas la Academia, institución educativa superior, con la doble ambición de promover la ciencia verdadera y educar una generación de hombres instruidos y preocupados por las cosas públicas que pudiesen salvar a Grecia del naufragio político. Durante unos veinte años sus energías fueron totalmente absorbidas por sus obligaciones como director de este centro. Pero en los últimos quince o veinte años de su vida, que alcanzó hasta pasados los ochenta, escribió una segunda serie de diálogos, menos fascinantes como composición dramática que sus primeras obras, pero de mayor importancia filosófica.

Platón fue un fecundo escritor y sus trabajos han llegado hasta nosotros completos; podría parecer, por tanto, que disponemos de unas condiciones particularmente favorables para conocer con exactitud su pensamiento a propósito de una vasta variedad de temas, pero no es así. Parece que en su primer período de producción se dedicó principalmente a perpetuar los

pensamientos de su maestro Sócrates, y no está claro en qué medida los compartía. De su enseñanza en la Academia, no dejó documentos. En sus últimos escritos adoptó de nuevo la forma dialogal, escogiendo como protagonista al mismo Sócrates o a filósofos eleáticos o pitagóricos. A partir de esos diálogos, tanto en los primeros cuanto en los últimos, no se puede sacar ningún sistema completo o consistente, ni, probablemente, era esa la intención de su autor. Platón afirma explícitamente que su sistema, caso de existir, no podía ser puesto por escrito. La filosofía no era para él una serie de proposiciones que podían ser comprendidas por un estudiante inteligente, sino una visión de la realidad personal para cada estudiante. La realidad, naturalmente, era la misma para todos, pero su aprehensión era más íntima que lógica y dependía en último término de la intuición individual.

El problema de la naturaleza esencial del platonismo es, por lo tanto, muy difícil. Nuestro interés por sus escritos se reduce, sin embargo, a los fragmentos en que habla de la posibilidad de una verdadera ciencia de la naturaleza. La cuestión aparece una y otra vez en las polémicas de los diálogos, con conclusiones de la mayor importancia. Si las diversas soluciones propugnadas representan o no las opiniones de Platón es algo incierto. Dentro de nuestros limitados propósitos, consideraremos como platónica cualquier opinión que parezca ser el tema principal de un diálogo.

Parece fuera de duda que la Academia estuvo al principio completamente bajo la influencia de la rebelión socrática contra la ciencia física. En la *República*, el mejor diálogo del primer período de Platón, escrito en los mismos años que la fundación de la Academia, y que sin duda incluye la serie de temas que se debían

estudiar allí, Sócrates aparece con una actitud hacia los estudios astronómicos que ha llegado a ser famosa. "El estrellado cielo que contemplamos está bordado en una materia visible. Por ello, aunque sea lo más hermoso y perfecto de las cosas visibles, es preciso reconocer que es muy inferior a los verdaderos movimientos de absoluta velocidad y lentitud... que son perceptibles mediante la razón y la inteligencia, pero no por la vista... Es preciso, pues, servirse de los ornamentos del cielo como de ejemplos para llegar al conocimiento de las cosas invisibles... Pero en lo que respecta a las relaciones del día a la noche, del día y de las noches a los meses, de los meses a los años y de los demás astros al sol y a la luna, ¿no te parece que un verdadero astrónomo encontrará absurdo creer que siempre son los mismos y que no sufren variación alguna, pese a cuantos medios utilice para descubrir la verdad absoluta de sus relaciones?... Si estudiamos la astronomía, lo mismo que la geometría, será para intentar resolver los problemas que ofrecen, pero no nos detendremos a considerar lo que ocurre en el cielo, si es que realmente queremos extraer de este estudio el medio de tornar útil la parte inteligente de nuestra alma."

Esta actitud, naturalmente, corresponde a las recomendaciones anteriores del *Fedón*, "estar liberado del cuerpo y contemplar las realidades verdaderas solamente con los ojos del alma". Dado que esta actitud, tal como la hemos expuesto, se sitúa casi con certeza en la época de la fundación de la Academia, es de importancia primaria para determinar la posición del platonismo en la historia de la ciencia. En el esfuerzo moderno para interpretar la naturaleza, las matemáticas han desempeñado un papel esencial. "Cuando se pue-

de medir aquello de que se está hablando —escribió lord Kelvin— se conoce algo acerca de ello; cuando no se puede medir, su conocimiento tiene un carácter insuficiente e insatisfactorio." Platón, con la orientación que dio a los estudios en la Academia, hizo mucho para promover el progreso de las matemáticas. Pero no es correcto, ni mucho menos, argumentar a partir de esto, como se hace muy a menudo, que en consecuencia Platón sentó las bases del método científico moderno. La ambición de Platón no fue interpretar la naturaleza con la ayuda de las matemáticas, sino sustituir la física por las matemáticas. En el pasaje que acabamos de citar, recomienda desechar la astronomía como una ciencia de la observación y sustituirla por la astronomía teórica como una rama de las matemáticas puras. Se trata de una intromisión nefasta de la filosofía en el dominio de la ciencia. Hubiera sido necesaria una defensa de la astronomía "antigua" semejante a la defensa hipocrática de la medicina "antigua".

La naturaleza reaccionaria de la actitud de Platón se hace más clara aún si tenemos en cuenta el contexto histórico. Cuando Platón se lamenta de las molestias que cuesta investigar las relaciones exactas de las duraciones del día y de la noche, o la de ambas respecto al mes, la del mes al año o la de los cursos de otras estrellas, no está haciendo una disquisición académica, sino atacando una de las actividades más útiles de su época. La determinación cada vez más exacta de las relaciones entre las divisiones naturales del tiempo con vistas a la construcción de un calendario más exacto, fue uno de los más antiguos problemas de la aplicación de la ciencia a las necesidades cotidianas. Los babilonios y los egipcios tuvieron conciencia de esta dificultad y la resolvieron, como hemos visto, con un

éxito sorprendente. En la época de Platón esta cuestión tuvo una apremiante actualidad en Atenas. Un astrónomo griego posterior, Geminus de Rodas, escribiría hacia el año 70 a. de C.: "Los antiguos tenían el problema de calcular los meses por la luna y los años por el sol". Como sabemos, el año solar dura aproximadamente 365 días y 1/4, mientras que el mes dura 29 días y 1/2. Consecuentemente, si calculamos doce meses para un año, el calendario se queda corto en once días cada año respecto al calendario solar (29 1/2 $\times$ 12 = 354). Por ello, se hicieron esfuerzos para determinar un ciclo de año en el que el año luna y el solar se correspondieran exactamente. Ello condujo a determinaciones cada vez más precisas de la duración en días del mes y del año, a medida que el calendario, en cada ajuste, resultaba no corresponder exactamente a los fenómenos observados en la naturaleza.

En épocas tan tempranas como el siglo VIII los griegos habían tomado de los babilonios un ciclo de ocho años. En ocho años, el déficit en el calendario de 11 días al año sumaba 88 días. Esto equivale casi a tres meses; y la inserción de tres meses intercalares a intervalos a lo largo de un ciclo de ocho años, junto con la adopción de un mes que variaba entre 29 y 30 días, dio como resultado un ajuste bastante notable entre el año solar y el lunar. Más adelante se adoptó un ciclo de dieciséis años. Luego, en el año 433, cinco años antes del nacimiento de Platón, el astrónomo Metón introdujo en Atenas un ciclo de diecinueve años. Este era el calendario estatal cuando Platón escribió la *República*, y si su consejo hubiera sido seguido, hubiera impedido la invención del ciclo de setenta años de Calipo, que se introdujo en Atenas hacia el año 334,

y el ciclo de 304 años ideado por Hiparco hacia el año 125.

El ciclo de Hiparco dependía de una estimación de la duración del año tropical de 365 días, 5 horas, 55 minutos y 12 segundos, que excede en cerca de 6 minutos y medio nuestros cálculos, y de una estimación de la duración del mes lunar medio de 29,530585 días, correcta para cuatro cifras decimales, con menos de un segundo de error. Tales fueron los triunfos de la ciencia de la que Platón quería disuadir a los astrónomos griegos. Si hubiese tenido éxito, los griegos no compartirían con los babilonios la fama de haber determinado exactamente el calendario, tan necesario para una civilización organizada. Nuestra admiración por los éxitos de Hiparco no debe hacernos olvidar el hecho de que los astrónomos babilónicos se le habían anticipado en varios cientos de años, y que él estaba familiarizado con aquellos hallazgos. En lo que concierne a la medición del tiempo, los griegos seguían siendo aún aprendices de los babilonios. Únicamente los superaron en astronomía física.

Pero, dejando aparte los logros de los astrónomos prácticos en la confección del calendario, no resulta difícil probar que la idea socrática de las matemáticas puras como ciencia de la realidad y como base necesaria para una recta comprensión de los principios morales, fue la concepción científica que continuó dominando las actividades de la Academia. Esto está ilustrado por un episodio tragicómico de la vida de Platón. Cuando tenía aproximadamente sesenta años y llevaba ya cuarenta de director de la Academia, se vio obligado a poner en práctica su principio de que la verdadera base para el político es el estudio de la filosofía. Reclamado desde Siracusa, para actuar como consejero del

joven tirano Dionisio II, que acababa de subir al trono y estaba ansioso de poner la ciudad, entonces la mayor del mundo mediterráneo, bajo su custodia, Platón acudió en consideración a la lealtad que debía a la filosofía. Al llegar, comenzó inmediatamente a instruir al príncipe y sus cortesanos en geometría, único camino para la sabiduría y la virtud. La corte real, al principio aceptó favorablemente la nueva disciplina, pero como los cortesanos dibujaban entusiasmados sus figuras en los suelos enarenados, todo el palacio, como diría Plutarco, se convirtió en un remolino de polvo. No es de extrañar que, poco después, Platón junto con otras lumbreras fuera expulsado de la corte para realizar una política más práctica.

Después de su regreso de Siracusa, Platón empezó una nueva serie de obras. Se caracterizan desde el punto de vista político por un abandono del intransigente idealismo de la *República*, y desde el punto de vista científico por un esfuerzo paralelo para fijar de nuevo el derecho de los sentidos como instrumentos de conocimiento de la realidad. El primer diálogo en que aparece la nueva orientación es el *Teeteto*, cuya redacción parece que coincide aproximadamente con el período de su ensayo político en Sicilia. En él es evidente el abandono del consejo socrático de despreciar el cuerpo y confiar sólo en los ojos del alma, y la reanudación del debate sobre las respectivas contribuciones de razón y sensación para el conocimiento conduce a resultados de importancia. Platón está ahora dispuesto a admitir que los órganos sensoriales son el instrumental del conocimiento; pero insiste en que la sensación no es en sí misma conocimiento. Por primera vez en la historia distingue claramente entre sensopercepción y pensamiento y enseña que el conocimiento

es el resultado de la acción de este último sobre el primero: "Las sensaciones simples que alcanzan el alma a través del cuerpo son concedidas al hombre y a los animales por la naturaleza al nacer, pero las reflexiones sobre las mismas y las relaciones que tienen con el ser y el uso son lenta y trabajosamente obtenidas, si lo son alguna vez, por la educación y la larga experiencia".

En el pasaje que hemos citado, Platón presenta por primera vez la idea, que es axiomática en pensamientos posteriores, de que las facultades sensoriales son órganos mediante los cuales la mente aprehende la naturaleza exterior. "No vemos con los ojos, sino a través de ellos. No oímos con los oídos, sino a través de ellos. Tampoco puede ningún sentido por sí mismo distinguir entre su propia actividad y la de otro sentido. Debe existir algo conectado con ambos —llamémosle alma o como se quiera—, con lo que verdaderamente percibimos todo lo que nos llega a través de las facultades sensoriales. Es el alma o *psyché*. la que nos hace conscientes de que percibimos y la que distingue los datos de un órgano de los sentidos de los de otro." De forma resumida, éste es el razonamiento mediante el cual Platón levanta los pilares de una nueva ciencia, la psicología, o ciencia del alma.

Esto no agota su exposición del tema. Tenemos otras actividades psíquicas menos directamente dependientes del estímulo sensorial que la capacidad de distinguir la información recibida por los diversos órganos de los sentidos o de actuar como almacén de sus datos. Estas actividades son la memoria, la capacidad de predecir, la imaginación, y, naturalmente, las funciones superiores de la mente, mediante las cuales aprehendemos verdades como las matemáticas, o razonamos acerca de los primeros principios del conocimiento y de la

existencia. No es ninguno de los sentidos, sino el alma, la que capta conceptos tales como el ser o el no ser, lo igual y lo desigual, lo uno y lo vario, lo hermoso y lo feo, lo bueno y lo malo.

Aquí tenemos, como hemos dicho, el material de una ciencia nueva, la ciencia de la mente o alma, cuyo concepto central es tan legítimo deducir de la experiencia como el concepto de átomo. La distinción entre mente y materia es el eje alrededor del cual gira la filosofía del Platón maduro. Y no se olvide que es la contribución de este momento la que concede a Platón un lugar central en la historia del pensamiento.

En un diálogo posterior, el *Sofista*, subraya vigorosamente la inmaterialidad del alma, demuestra cómo a los materialistas se les puede obligar a admitir su existencia, o a adoptar una actitud muy irracional. A los materialistas se les pregunta si admiten o no la existencia de una cosa como el alma, y que algunas almas son sabias y buenas, y otras necias y malas. Si responden afirmativamente como deben, se les pregunta si esto no implica que la sadiburía y las otras virtudes son algo y si son algo que puede ser visto y tocado. Incluso si tratan de defenderse arguyendo que el alma es una especie de cuerpo, difícilmente se puede suponer que se aventurarían a decir que la sabiduría es una especie de cuerpo, ni mucho menos que no es nada, aunque un materialista intransigente tomaría esta alternativa. Pero cuando uno admite que una cosa puede existir sin ser un cuerpo, se ha ganado la discusión. (246a-247e.)

En el *Timeo*, el único diálogo que Platón dedicó exclusivamente a la física, la doctrina del alma recibe una extensión nueva y más problemática. En este extraño trabajo, que contiene numerosas fantasías enla-

zadas con un relato de la creación del mundo por un dios geómetra de origen pitagórico, parece decirse que el alma inmaterial es el origen del mundo material. Dios, que es un espíritu, hizo el mundo sensible de acuerdo con un modelo inteligible. Pero no está claro si ha hecho el mundo de la nada o simplemente ha puesto orden en un caos preexistente. De la influencia que ejerció este desconcertante libro nos ocuparemos en un capítulo ulterior.

Es en las *Leyes*, su última, más extensa y más importante obra, donde Platón ofrece la formulación definitiva de su aversión por la escuela jónica de la ciencia de la naturaleza y se esfuerza en levantar, en oposición a ella, una visión espiritual de la constitución del universo. Los filósofos naturales, nos dice, dicen que la tierra, el aire, el fuego y el agua existen por sí mismos y por el azar, y no por designio. Dicen que los cuerpos que les siguen en orden de evolución, a saber, la tierra, el sol, la luna y las estrellas, han sido creados a partir de esas materias absolutamente inanimadas. Los elementos son movidos separadamente por el azar, es decir, por alguna fuerza inherente, según ciertas afinidades entre ellos, como calor y frío, sequedad y humedad, blandura y dureza. De esta manera ha sido creado el cielo y todo lo que existe en él, así como las plantas y los animales. También las estaciones, según estos filósofos, provienen de dichos elementos, no según la voluntad de la razón, o de Dios, o por designio, sino únicamente por sí mismos y por el azar. El designio, dicen, nace más tarde y a partir de éstos. Es mortal y de origen mortal. La medicina, la agricultura y la legislación son ejemplos de estas artes creadas más tarde, con el fin de suplementar la naturaleza. De la misma manera, los dioses, enseñan estos filósofos, son

productos no de la naturaleza, sino del arte, habiendo sido creados por las leyes de los diferentes estados en que son adorados. De esta manera, la religión es un producto del arte, al igual que la moralidad. Las reglas de justicia no tienen existencia en la naturaleza, sino que son meras convenciones. De esta forma define Platón las concepciones de los filósofos naturales de su tiempo. Y su afirmación, siendo indulgente con el gran crecimiento del conocimiento positivo, sería aceptada por muchos científicos de hoy como una descripción imparcial de sus concepciones y propósitos. Aún es un resumen iluminador de la postura materialista, o más aún mecanicista.

Por oposición a ésta, define acto seguido su propia postura. Los físicos enseñan que la tierra, el aire, el fuego y el agua son los elementos primarios de todas las cosas, que ellos constituyen la naturaleza y que el alma se origina más tarde a partir de ellos. En otras palabras, el orden de la evolución es primero la materia inanimada y después la vida y la razón. El punto de vista de Platón es el inverso a éste. Para él, el alma es la primera de todas las cosas, existe antes que todos los cuerpos y es el principal autor de sus cambios y transposiciones. Las cosas del alma o mente están antes que las cosas del cuerpo. Es decir, pensamiento, mente, arte y ley preexisten a duro, blando, pesado y ligero. Primero viene el designio, o mente, y detrás de ello la naturaleza y los trabajos de la naturaleza. Lo que se llama naturaleza está bajo el gobierno del designio y la razón. Mejor aún, se puede decir que el término naturaleza ha sido aplicado incorrectamente. Los fisicistas, al usar este término, quieren decir que los cuatro elementos materiales constituyen el primer poder creador. Pero si puede demostrarse que es el alma, en-

tonces puede decirse que el alma existe por sí misma en el más auténtico sentido y más allá de todas las cosas.

Platón intenta demostrar que esto es así mediante un análisis del movimiento. Las cosas animadas se distinguen de las inanimadas en que aquéllas contienen en sí un principio de movimiento. Toda cosa viviente es movida por sí misma; las cosas inanimadas, en cambio, sólo pueden moverse en tanto que se les imparta movimiento desde el exterior. La fuente primaria del movimiento en el universo debe ser alguna cosa movida por sí misma. Esta existencia capaz de moverse a sí misma es el principio vital o alma, que Platón, concluyendo, define como "un movimiento que se mueve a sí mismo".

El argumento extraído del análisis del movimiento no es convincente. Los metafísicos se deleitaron en la sutileza de este pensamiento y advirtieron a los materialistas contra la suposición de que Platón había llamado alma a una *cosa* que se mueve a sí misma, y que por tanto podía estar separada de su movimiento, sino un *movimiento* que se mueve a sí mismo. Contra ello pudieron replicar los materialistas que, aunque una cosa que se mueve a sí misma podía poner en movimiento otras cosas, un movimiento que se mueve a sí mismo, cualquiera que sea la concepción que se le quiera implicar, no podría poner en movimiento ninguna cosa material. El alma de Platón continúa siendo una abstracción metafísica, y su intento por incluirla dentro del concepto de naturaleza es un fracaso. Aquí, como en el resto, resulta claro el principal defecto de su sistema, es decir, la ausencia de puentes entre el mundo de la materia y el mundo de la mente. Por el contrario, su razonamiento general para demostrar la prioridad del designio en el universo tiene diferentes

bases. El problema, tal como él lo definió, es aún el más importante de la filosofía y de la ciencia, y su formulación, tan profunda y tan clara que después de leer contribuciones modernas al tema uno puede volver a ella con provecho y placer. Los pensadores modernos que creen en la existencia independiente del mundo físico y conciben la vida y la conciencia como procedentes de él, están en la línea de los viejos fisicistas jónicos. Por otra parte, aquellos que afirman que es erróneo considerar la vida como algo que se ha introducido o ha salido del universo físico y que, por el contrario, el mundo físico es simplemente la interpretación de la experiencia de un ser viviente, y que por tanto la vida viene primero y la naturaleza inanimada después, están en la línea del pensamiento platónico. Apoyan con Platón la prioridad del alma.

Lo que puede objetarse a Platón no es su crítica de los errores de la tradición jónica sino su propuesta para perseguirla. En la década final de su vida se dedicó a la defensa de una nueva religión. Junto a los dioses olímpicos y otras divinidades tradicionales de los griegos, propuso como más apropiados objetos de adoración los dioses estelares de los caldeos. De acuerdo con las disposiciones sobre legislación religiosa, que sugirió en las *Leyes*, la tradición jónica desde Tales hasta Anaximandro era, no sólo un error, sino una herejía. Quienes se resistieran a la nueva religión por razones de simpatía con las teorías de los fisicistas, debían ser encerrados en campos de concentración e instruidos por funcionarios del estado en los conceptos de la verdad oficial. Si manifestaban obstinación, debían ser objeto de penalidades y ultrajes, y si estas medidas resultaban insuficientes, condenados a muerte. Para el historiador de la ciencia debe ser siempre

un escándalo que el brillante intelecto que fundó una teoría de la mente como deducción razonable de la observación y la experiencia, y que de esta manera engrandeció inconmensurablemente el dominio de la ciencia, mezclase sus argumentos con la defensa de supersticiones totalmente refutadas, cuyo dominio pretendió imponer con métodos inquisitoriales.

VII. — ARISTÓTELES

La restauración de la tradición jónica

Para el historiador de la ciencia, Aristóteles es el genio que adaptó la filosofía platónica de la razón a las exigencias de la investigación positiva.

Nacido el año 384 a. de C. en Estagira, fue educado en la corte del rey de Macedonia, donde su padre era médico real. Es probable, ya que ésta era la costumbre de las familias médicas de aquel tiempo, que estudiara desde muchacho medicina y realizara algunas prácticas de disección. En ese caso, debió tomar contacto con la investigación desde muy temprana edad. Pero evidentemente la carrera de médico no le satisfizo. Cuando tenía diecisiete o dieciocho años marchó a Atenas y entró como estudiante en la Academia. Por entonces la *República* y el *Fedón* eran ya textos clásicos. Aristóteles se sintió seguramente atraído por la idea de adquirir el saber solamente con los recursos del alma, sin la ayuda de los sentidos del cuerpo. Durante unos veinte años, es decir, hasta la muerte de Platón, fue un miembro convencido de la Academia.

Debe recordarse, sin embargo, que el largo aprendizaje de Aristóteles coincidió con la nueva orientación de su maestro a propósito del problema de la razón y los sentidos recogido en el *Teeteto*. La teoría socrática de las ideas, por supuesto, era todavía la vigente en la Academia, pero fue poco a poco desplazada por

la doctrina del Platón maduro sobre la materia y la razón. La llegada del joven Aristóteles a Atenas coincidió también con la del gran geógrafo y astrónomo Eudoxo de Cnido, entonces un hombre de unos cuarenta años de edad. Era director en Cícico de una escuela científica de orientación jónica. Trasladó esta escuela a Atenas y se convirtió durante algún tiempo en miembro de la Academia. A pesar de que sostenía doctrinas sobre la naturaleza del bien inaceptables para Platón (identificaba el bien con el placer), su personalidad impresionó a Aristóteles de forma duradera y favorable. En la *Ética* afirmó que era un hombre de cualidades morales extraordinarias. Es bastante probable que Eudoxo fuera el introductor de la ciencia jónica en la Academia. Su presencia e influjo impusieron a Platón la necesidad de considerar más seriamente los postulados de la ciencia jónica.

En cualquier caso, en la trayectoria de Aristóteles se distingue una evolución que, partiendo del idealismo socrático, llega, a través del tardío reconocimiento platónico de la importancia del conocimiento sensorial, a una completa restauración de los métodos de indagación científica que habían alcanzado su máximo con los jonios de la escuela hipocrática. Estas tres fases de su vida intelectual se reflejan claramente en el carácter de su producción escrita. En el primer período, cuando era todavía miembro de la Academia, escribió diálogos socráticos al estilo de Platón. En su segundo período, después de la muerte de Platón, abandonó la Academia debido a la orientación que le dió Espeusipo, sucesor y sobrino de Platón, sustituyendo la filosofía por las matemáticas. Considerándose, sin embargo, como el verdadero heredero del platonismo, se consagró al estudio del problema que Platón había dejado

sin resolver, es decir, la forma como la mente llega al conocimiento de la materia. En su tercero y último período cuando Aristóteles era director de su propia escuela en Atenas, el Liceo, se dedicó con pasión y energía a la investigación positiva, principalmente en el campo de la biología. Este período duró unos doce años, desde el 335 hasta el 325. Aproximadamente los primeros cincuenta años de la vida de Aristóteles estuvieron dedicados a clarificar su postura filosófica. En sus últimos doce años cosechó unos resultados sin precedentes.

El conocimiento de que las investigaciones positivas de Aristóteles corresponden principalmente al último período de su vida, es de fecha reciente. Sus trabajos han llegado hasta nosotros en gran número, pero sin estar ultimados para su publicación. Mientras vivía, sus obras fueron continuamente revisadas y ampliadas a medida que sus opiniones cambiaban y sus investigaciones progresaban. Algunas de sus partes son tempranas y otras tardías, algunas responden a concepciones platónicas y metafísicas mientras que otras están completamente impregnadas por los supuestos de la investigación positiva. Sólo la paciencia y la penetración de los estudiosos contemporáneos han posibilitado comprobar que los primeros escritos tienen un tono más platónico, mientras que las investigaciones positivas deben atribuirse al último período de su vida.

Nuestra comprensión de la obra de Aristóteles ha resultado muy perjudicada por la incapacidad de estudiar el desarrollo de su pensamiento, y por considerarle a la ligera como un escritor enciclopédico, cuya producción, no importa sobre qué materia, es toda de parecida madurez. Aristóteles escribió sobre física, lógica, metafísica, psicología y biología, por citar sola-

mente las disciplinas relacionadas con nuestro tema. Si nos limitamos simplemente a atribuir estas obras a Aristóteles, resulta imposible realizar un análisis serio de su método, que es el aspecto de mayor importancia para comprender a un gran científico. Pero una vez admitido que en sus tratados de física está muy influido por la concepción socrática, tal como se expone en el *Fedón* y en la *República;* que su lógica y su metafísica representan un esfuerzo para adaptar el platonismo tardío a las exigencias de la ciencia de la naturaleza, y que sus tratados biológicos contienen los resultados de sus investigaciones positivas posteriores, se comprende su evolución intelectual, de extraordinaria importancia para la historia del método científico. Nuestro propósito en este capítulo es comentar brevemente las tres etapas de dicha evolución.

En su tratado *Sobre los cielos,* perteneciente al período en que continuaba fiel a la teleología socrática del *Fedón,* Aristóteles trata de explicar por qué la estructura del universo debe ser como es. El defecto de este tratado no es que nos parezca grande su ignorancia de la estructura del universo, ya que la ignorancia es siempre un término relativo. Es más bien su indiferencia e incomprensión de la necesidad de la observación y de la experiencia, lo que le conduce a conformarse con verbalismos procedentes de la amalgama pitagórica de ética y matemáticas. Afirma que el cielo es una esfera, *porque* la esfera es la figura perfecta, e igualmente que gira en círculo, *porque* solamente el movimiento circular, que no tiene principio ni fin, puede ser eterno. Tras exponer así la supuesta rotación diaria de los cielos, añade que como el centro de un cuerpo en rotación está en reposo, *por ello* la tierra está en reposo en el centro del universo. Resulta

evidente el completo hundimiento de la cosmología jónica, y también que su causa ha sido el acercamiento a los problemas físicos desde una estricta fidelidad a las conjeturas teológicas, socráticas y a la astronomía teológica de los últimos años de Platón.

A partir de Tales, los jonios habían basado sus explicaciones de "las cosas de arriba", como llamaban a los fenómenos celestes, en el supuesto de que la materia de los cielos era la misma que la materia de la tierra; para ellos, tanto los cielos como la tierra estaban sujetos a cambio, decadencia y muerte. Pero para Platón las estrellas eran seres divinos, inmutables y eternos, y la regularidad de sus movimientos debida al hecho de estar de acuerdo con la razón o alma. Este es el punto de vista de Aristóteles en sus tratados de física. Veamos como prosigue la construcción de su modelo del universo, utilizando tan sólo los ojos del alma.

La tierra es, por naturaleza, fría y se mueve hacia abajo. Los elementos terrestres deben, por tanto, estar equilibrados por su contrario, el fuego, que es por naturaleza caliente y se mueve hacia arriba, porque el calor es anterior al frío, siendo el calor la cualidad positiva de la cual la frialdad es la negación. Pero estos dos cuerpos necesitan otros dos cuerpos intermedios, lo que se justifica por la física numérica pitagórica del *Timeo* de Platón. Los cuerpos sólidos, que tienen tres dimensiones, corresponden a los números cúbicos, que requieren dos números intermedios para unirlos; por ejemplo, 1 y 8 están unidos por los números intermedios 2 y 4 (1 : 2 :: 4 : 8). *Por lo tanto*, deben también existir otros dos elementos, el agua y el aire. La necesidad de la existencia de los cuatro elementos de Empédocles resulta justificada matemáticamente.

El método de esta parodia de la ciencia está claro. Consiste en asumir las conclusiones de pensadores anteriores, revistiéndolas con un velo de lógica verbal, y hacerlas pasar como pruebas del designio universal que es aprehendido por los ojos del alma. No se puede negar que gran cantidad de material de los pensadores anteriores se conservó en los tratados físicos de Aristóteles; tampoco que despliega un gran ingenio para demostrar la necesidad lógica de lo que presuponía eran los hechos. El problema es que detiene el progreso al destacar la importancia de la lógica en detrimento de la observación. Anteriormente, Parménides había insistido en que sólo lo lógico puede existir. Sus palabras exactas son: "Es lo mismo pensar y ser". Pero el hombre aumenta extraordinariamente su capacidad intelectual con la experiencia. La ciencia está completamente de acuerdo con la opinión popular de que ver es creer. Sin embargo, en esta etapa de su obra, Aristóteles se inclinaba hacia la opinión contraria, según la cual todo lo que sea lógico debe existir.

De esta manera, descubrió un quinto elemento solamente con los ojos del alma. Su existencia la probó con un silogismo a partir del movimiento. Hay, según Aristóteles, dos clases principales de movimiento: vertical y en círculo. Los cuatro elementos de Empédocles se mueven por naturaleza de la primera forma; el fuego y el aire se mueven hacia arriba y tienen la propiedad de la ligereza; la tierra y el agua se mueven hacia abajo y tienen la propiedad de la gravedad. ¿Qué es, entonces, lo que se mueve en círculo? Para Aristóteles era un quinto elemento, el éter. Este elemento, que se mueve con movimiento circular, es eterno, es asimismo eterno y no está sujeto a cambio como los otros elementos. De él están hechos los cuerpos

celestes. De esta forma, por lógica irresistible, proporcionó una base física a la creencia platónica en la eternidad de las estrellas. A partir de estos cinco elementos procedió a construir su universo.

Para esta tarea se basó también en los logros matemáticos de la Academia. Para los miembros de esta última, que consideraban los ordenados movimientos de las estrellas como manifestación de la mente divina, había una clase de cuerpos celestes que constituía un escándalo. Se trataba de los planetas, o "vagabundos", según el significado de esta palabra en griego, cuyos desordenados avances y retrocesos constituían una excepción de la regularidad observable en el resto del cielo. Platón, en consecuencia, planteó ante la Academia el problema de trazar un esquema matemático a base de movimientos regulares que explicara la confusa apariencia de los movimientos planetarios observables. Utilizó para ello la famosa frase de "salvar las apariencias". El problema fue solucionado de forma muy notable por el matemático Eudoxo, que analizó los cursos aparentes de los planetas, obteniendo cerca de treinta movimientos circulares distintos. Su número fue aumentado considerablemente por el matemático Calipo, perteneciente a la generación de Aristóteles, y cuya elaboración del esquema de Eudoxo es prueba de la vigencia que éste continúa teniendo.

El esquema corregido por Calipo fue el que Aristóteles adoptó como plan de su universo. Sobre la base de una hipótesis matemática, lo transformó en una interpretación mecánica, paso facilitado por su doctrina del quinto elemento, del que imaginó procedían las esferas celestes. Pensaba que la tierra está formada por cuatro esferas concéntricas, constituidas por tierra, agua, aire y fuego, en este orden desde el centro

al exterior. Estas cuatro esferas no están claramente separadas unas de otras, porque entre estos elementos terrestres hay un constante proceso de intercambio. Por fuera de esas cuatro esferas terrestres están situadas, en círculos concéntricos, cincuenta y cinco esferas celestes, que giran alrededor de la tierra inmóvil y que arrastran consigo, al moverse, los diversos cuerpos celestes. La esfera más externa es la de las estrellas fijas. Estas cincuenta y cinco esferas celestiales, junto con los cuerpos celestes, están hechas del quinto elemento o éter, y son inmutables e indestructibles. La más baja de las cincuenta y cinco corresponde a la luna; y solamente por debajo de la luna, en las esferas sublunares, existe cambio y destrucción. De esta manera la religión de Platón se convirtió en un esquema físico y, de acuerdo con las doctrinas de Platón en las *Leyes*, el movimiento que animaba a las esferas fue concebido como su vida o alma. El Primer Motor, o Dios, era un espíritu sin cuerpo que animaba la esfera más externa. La forma en la que un espíritu purísimo podía poner en movimiento una esfera, problema que había ignorado Platón en las *Leyes*, planteó una seria dificultad a Aristóteles. Al final lo resolvió con una metáfora. Dios mueve el mundo de la misma manera que un enamorado mueve a su ser amado. Es el deseo de Dios el que pone la esfera más externa en movimiento. Fue Aristóteles el primero que descubrió que "el amor es lo que hace girar al mundo".

En la *Física*, por el contrario, hay pruebas de un gran avance metodológico. Aristóteles distingue tajantemente la física de las matemáticas. Los cuerpos estudiados por la física, dice, contienen entidades geométricas, como sólidos, planos, líneas y puntos. Pero el matemático estudia dichas entidades como abstrac-

ciones, mientras los físicos las estudian como "límites de los cuerpos físicos". Esta opinión está de acuerdo con la concepción general de los pensadores de esta época; pero con Aristóteles evoluciona claramente hacia la completa distinción entre materia y forma, fundamental para todo el pensamiento posterior. Sobre la base de esta clara distinción, Aristóteles formula una nueva concepción de la causalidad. La existencia de cualquier cosa depende, según él, de cuatro causas, la causa material, la causa formal, la causa eficiente y la causa final, es decir, la materia prima de la que una cosa se hace, el modelo según el cual se hace, la cosa que lo hace y el fin o propósito para el que se hace. Fue propio de Aristóteles considerar cuidadosamente las ideas de pensadores anteriores, que se encuentran sistematizadas en su doctrina de las causas. La tierra, el aire, el fuego y el agua de los jonios son ejemplos de causas materiales; el Amor y el Odio de Empédocles, ejemplos de causa eficiente; la física numérica de los pitagóricos ha subrayado el modelo de las cosas, la causa formal; y la exigencia socrática en la demostración de que cualquier cosa existe porque es lo mejor, corresponde a la causa final. No debe olvidarse, sin embargo, que Sócrates imaginaba que las formas existían independientemente de las cosas y eran la verdadera realidad, mientras que para Aristóteles las formas existen siempre como un aspecto de una cosa concreta.

Este tema es el que principalmente se analiza en la *Metafísica*. La *Metafísica* es una indagación sobre la naturaleza de la realidad, y nunca se supone en ella la existencia del mundo suprasensible de las formas, que fue para Sócrates la verdadera realidad. La indagación se centra en la cuestión de si esas formas existen, y, caso afirmativo, en qué sentido. Y la res-

puesta es que las formas existen indudablemente pero en inseparable asociación con la materia. En otras palabras, Aristóteles empieza su indagación en la *Metafísica* planteando si la ciencia de la realidad trata de sustancias perceptibles o de formas suprasensibles. Su conclusión es que trata de ambas, porque en realidad nunca están separadas. Forma y materia son separables sólo en el pensamiento; lo que existe en realidad es la forma incorporada a la materia o "forma materializada".

Este es también el punto de vista de la lógica aristotélica, ciencia creada prácticamente *ab initio* por Aristóteles. Platón, es cierto, la había esbozado en el *Sofista*. Intentó analizar qué es lo que entendemos por proposiciones afirmativas y negativas e induce algunas de las nociones más universales mediante las cuales podemos clasificar todo lo que existe. La noción más general de todas es la de *ser*, común a todo lo que existe. Las siguientes son las de movimiento y reposo y las de semejanza y diferencia. Con ellas como principio, Platón se preguntó hasta qué punto esas ideas podían o no combinarse. La noción de *ser* puede combinarse con las de reposo y movimiento, porque ambas, reposo y movimiento, existen; pero reposo y movimiento no se pueden combinar entre sí. No obstante, el análisis de Platón no fue más allá de considerar la relación de unas categorías lógicas con otras. La lógica de Aristóteles parte del postulado, sentado en la *Metafísica*, de que lo que realmente existe son las cosas concretas. Su lógica no es una ciencia de la realidad sino del pensamiento. El pensamiento no forma las cosas sino que simplemente las aprehende. La distinción entre forma y materia es también fundamental. El principio de la individuación de las cosas, lo que

hace que un garbanzo sea una entidad independiente de otro garbanzo, es la materia; pero lo que hace que los dos sean garbanzos es la forma, común a ambos. Lo que la mente aprehende de las cosas es la forma, el aspecto inteligible; pero esta forma, este aspecto inteligible, no tiene existencia independiente de la materia. La lógica de Aristóteles es la ciencia de clasificar las cosas particulares de los sentidos, de acuerdo con las formas inseparablemente asociadas con ellas.

Esta nueva concepción de la realidad como forma materializada exigía un replanteamiento del antiguo problema de la razón y la sensación como instrumentos para aprehender la verdad, y no cabe dudar de las líneas de la solución de Aristóteles. De la misma manera que en el mundo externo había unido materia y forma, en el mundo interno unió sensación y razón. Para él no hay distinción fundamental entre las dos. El mundo que es objeto de la sensación coincide con el mundo que es objeto de la razón. La sensación más elemental, según Aristóteles, no es una cosa puramente pasiva, sino que incluye un elemento activo, una facultad de discriminación, un cierto grado de razón.

Esta síntesis de razón y sensación fue minuciosamente elaborada en el tratado psicológico de Aristóteles *Sobre el alma*. Partiendo de la teoría platónica del *Teeteto*, propuso la existencia de un sentido común, no tal como nosotros lo entendemos, sino como una facultad única perceptiva de la cual son partes los sentidos especiales. Cada uno de los distintos sentidos tiene objetos especiales. La vista percibe el color, el oído el sonido, el olfato el olor, el gusto la dulzura y la acidez, el tacto (que Aristóteles consideró como un sentido compuesto) percibe al mismo tiempo blandura y dureza, calor y frío. Pero además de estos objetos

especiales de cada sentido, existe lo que él llama "sensaciones comunes", como el movimiento, la forma, el número, el tamaño y el tiempo, que son percibidas por un sentido común y no por uno de los sentidos especiales. También es tarea del sentido común comparar los datos de los sentidos especiales, para hacer conscientes nuestras experiencias sensoriales, de tal forma que percibamos lo que percibimos, así como ejercitar las facultades de imaginación, memoria y predicción. Al sentido común pertenecen también las facultades del dormir y soñar, porque el hecho de que el funcionamiento de todos los sentidos se suspenda durante el sueño es prueba de que forman parte de un todo.

Es conveniente ofrecer con las propias palabras de Aristóteles una exposición de sus importantes conclusiones sobre la sensopercepción y el sentido común. Reproducimos por ello un fragmento de su pequeño tratado *Sobre el sueño y la vigilia:* "Cada sentido tiene una facultad peculiar y comparte con los otros una facultad común. Ver es la facultad peculiar del ojo, oír del oído y así sucesivamente. Pero todos los sentidos comparten una facultad común mediante la cual el hombre es consciente de que está viviendo y oyendo. Porque, naturalmente, no es por el sentido especial de la vista por el que el hombre conoce que ve; tampoco por el gusto, ni por la vista, ni por los dos juntos, por los que distingue las cosas blancas de las cosas dulces, sino por una facultad compartida en común por todos los órganos de los sentidos".

Los elementos de la doctrina psicológica de Aristóteles se encuentran dispersos en las páginas de los últimos diálogos de Platón. Pero, además de que Aristóteles los sistematizó, basando sus opiniones en una gran cantidad de observaciones ilustrativas, hay que

tener en cuenta, como diferencia importante, que Platón mantuvo una distinción fundamental entre razón y sensación y entre sus respectivos objetos, mientras que el propósito de Aristóteles fue encajar la razón firmemente en los sentidos como el elemento activo mediante el cual llegamos al conocimiento de las formas inherentes a las cosas. La doctrina aristotélica del alma difiere, por tanto, básicamente de la platónica. La actividad del alma fue para Platón una prueba de su independencia del cuerpo y de su inmortalidad. Aristóteles, por el contrario, fue el primero en reconocer que los fenómenos mentales son psicofísicos. Analizó muy profundamente las bases fisiológicas de la imaginación, de la memoria, del sueño y de varias pasiones. Este análisis socavó en él la creencia platónica de la inmortalidad del alma individual. Para él, alma y cuerpo son una unidad, siendo el alma la forma del cuerpo. Las dos solamente pueden separarse mentalmente y el alma individual perece junto con el cuerpo. Esta formulación, sin embargo, necesita ser matizada, ya que Aristóteles reconoció un elemento psíquico que era meramente lógico y sin contenido material. Según esto, distinguió entre razón, que es el instrumento del pensamiento puro, y alma, que es la forma del cuerpo viviente, y enseñó que la razón podía gozar una inmortalidad contemplativa después de la muerte de alma y cuerpo. Esta es una supervivencia de platonismo que no es lógicamente coherente con el resto de la doctrina de Aristóteles sobre el alma.

El efecto del nuevo punto de vista filosófico logrado por Aristóteles en sus tratados de lógica, metafísica y psicología, fue clarificar las bases para la restauración del estudio experimental y observacional de la naturaleza. El idealismo socrático, al confinar el campo de

la verdadera ciencia a las formas del mundo supra-sensible, había sido un obstáculo para la búsqueda del conocimiento de la naturaleza, para una ciencia del mundo fenoménico. Pero, como ya hemos dicho, la intención de Aristóteles fue hacer a la Idea capaz de obtener conocimiento de las apariencias. Y esto lo consiguió con su doctrina de que la Idea o Forma no tiene existencia separada del mundo fenoménico. La tarea de la ciencia fue, por lo tanto, definida de nuevo como la investigación del mundo material con el fin de descubrir en él las formas universales. La tradición de la ciencia jónica fue reanudada, pero a nivel más alto. La filosofía socrática y platónica de la mente fructificó en dos nuevas ciencias, la lógica y la psicología, cuyo efecto fue mostrar cómo la mente, gracias a su capacidad para aprehender formas, podía extraer conocimiento genuino del flujo del mundo fenoménico.

En los últimos doce años de su vida Aristóteles empezó a aplicar en varios campos, pero especialmente en biología, el método que había usado asiduamente en su período intermedio. Es verdad que Aristóteles tuvo muchos predecesores en este campo; pero también es cierto que fue decisiva su contribución a la constitución de la ciencia biológica. Las principales obras de este período que conservamos son: *Historia de los animales*, *Las partes de los animales*, *Los movimientos de los animales*, y *La generación de los animales*. Menciona en estos tratados un total de quinientas especies diferentes de animales; y aunque de la mayor parte tuvo un conocimiento superficial y de segunda mano, parece que disecó personalmente unos cincuenta tipos, lo que constituye una asombrosa labor. La novedad de estas investigaciones, al menos en Atenas, se refleja en varios pasajes de sus escritos en los

que el ambiente de sus lecciones se recoge con viveza extraordinaria. Al leerlos resulta patente que en auditorio acostumbrado a identificar la ciencia con la especulación *a priori* acerca de las estrellas divinas, debía ser hábilmente conducido, estimulado y animado a tomarse interés por los detalles de la investigación biológica. Reproduciremos completo uno de estos pasajes, en el que Aristóteles declara su fe en la nueva orientación que está dando a la ciencia. Es una de las páginas doradas de la literatura científica.

"De las cosas producidas por naturaleza las hay innatas, imperecederas y eternas, mientras otras están sujetas a generación y destrucción. Las primeras son incomparablemente excelentes y divinas, pero menos accesibles al conocimiento. La evidencia que pudiere aclararlas, así como los problemas que ansiamos resolver respecto de ellas, nos la proporciona la sensación, pero escasamente, mientras en lo atañente a las plantas y animales perecederos poseemos abundante información, puesto que vivimos entre ellos, pudiendo reunir muchísimos datos referentes a sus varios géneros, con tal de que nos esforcemos un poco. No obstante, los dos tópicos tienen su especial encanto. El escaso concepto que podemos alcanzar en lo referente a las cosas celestes nos proporciona, debido a su excelencia, más placer que todo nuestro conocimiento sobre el mundo en que vivimos, de la misma manera que la ojeada furtiva de las personas a quienes amamos es más deliciosa que la plena contemplación de otra cosa cualquiera, sea cual fuere su número y dimensiones. De otra parte, nuestro conocimiento sobre las cosas terrenales le aventaja, en cuanto a certidumbre y exactitud. Además, su mayor proximidad y afinidad compensa hasta cierto punto el supremo interés sobre las cosas

celestes que son objeto de la suprema filosofía. Como ya hemos tratado del mundo celeste, en la medida que permiten nuestras conjeturas, procederemos a tratar de los animales, sin omitir ningún miembro del reino, por innoble que sea, y como mejor podamos. Porque si algunos de ellos no tienen gracias que embelesen nuestros sentidos, aun éstos, al revelar a la percepción intelectual el espíritu artístico que los motivó, produce inmenso deleite a cuantos pueden discernir los eslabones de su causa y gustan de filosofar. En efecto, sería extraño que sus representaciones imaginarias fueren atractivas, por revelar la habilidad imaginativa del pintor o del escultor, y las realidades originales en sí no fueren más interesantes para todos los que tienen vista para discernir las razones que determinaron su formación. Por eso no debemos retroceder debido a la aversión infantil ante la consideración de los animales inferiores. Todo reino de la naturaleza posee sus maravillas; por eso nos aventuraremos a estudiar toda clase de animal sin desprecio, porque cada uno de ellos, todos ellos, nos revelan algo natural y alguna belleza, Haremos como Heráclito, cuando los desconocidos que fueron a visitarle le encontraron calentándose junto al fogón de su cocina, no atreviéndose a entrar, y les rogó no se preocupasen de ello, porque hasta en la cocina están presentes las divinidades. La ausencia de casualidad y la tendencia de todo a cierto fin son cosas que hallamos en las producciones de la Naturaleza en alto grado, y el objeto resultante de sus generaciones y combinaciones es una de las formas de la belleza. Si alguien considerase que el estudio del resto del reino animal es tarea indigna, debería desestimar de la misma manera el estudio del hombre; porque nadie puede considerar lo primordial del armazón humano

(sangre, carne, huesos, vasos y demás) sin algo de repugnancia." (*Las partes de los animales* I, 5, 1-7.)

Del contenido de este texto, precioso tanto para el biógrafo de Aristóteles como para el historiador del pensamiento, únicamente vamos a comentar el acercamiento teleológico a la ciencia característica de Aristóteles. El estudio de la naturaleza fue para él una indagación causal, siendo la causa más importante la causa final, es decir, el fin o *telos* de la naturaleza. Sócrates había indicado que Anaxágoras no pudo conseguir una formulación satisfactoria de las relaciones entre razón y naturaleza; el principal propósito de Aristóteles fue precisamente aclarar la forma en la que la razón operaba en la naturaleza. Pero no afirmó (excepto en un texto, que tal vez no debería ser destacado) que había una Razón fuera del universo que adaptara conscientemente los medios a los fines, como había hecho la ingenua teleología socrática. La teleología aristotélica es inmanente. Aristóteles opinaba que la permanencia de tipos en el mundo animal no podía ser explicada simplemente mediante causas mecánicas; que el hecho de que de los hombres nacieran hombres, de las ranas ranas y de las abejas abejas, era prueba de que en el germen de estos varios progenitores había alguna potencialidad que podía actualizarse únicamente a través de un camino, que necesariamente imponía cierta forma en la materia; que la naturaleza funcionaba gracias a una adaptación continua de la materia a varias formas, y que la peculiaridad de sus funciones no podía comprenderse sin referirla a la forma que tenía que producirse. Aplicando la misma línea de pensamiento a las distintas partes de los animales, intentó en todas sus investigaciones descubrir la adaptación de los medios a los fines; en otras pala-

bras, utilizó habitualmente la función para explicar la estructura. De este modo, satisfizo la exigencia platónica de que el alma fuera considerada como parte de la naturaleza, aunque negó su existencia independiente. Su biología es naturalista, pero no mecanicista.

Ningún aspecto de la biología de Aristóteles ha ocasionado más polémicas que la importancia que concedió al concepto de causa final. Existen algunos biólogos, incluso en nuestros días, que todavía la consideran un concepto indispensable, aunque la mayor parte lo ha abandonado, denunciando que fomenta la tendencia a dar fáciles pseudoexplicaciones de los hechos que se están investigando, defecto en el que el mismo Aristóteles cayó en sus tratados físicos. Decir que Dios puso nuestra boca justamente debajo de nuestra nariz para que pudiéramos disfrutar el olor de los alimentos, como hizo Sócrates, o afirmar que las jirafas tienen cuellos largos porque desean comerse los brotes de las copas de los árboles, tal como se ha hecho en tiempos modernos, es un tipo de teleología que resulta intolerable para los científicos serios. Pero ésta no era la teleología de Aristóteles. En su obra, la teleología no fue un sustituto de la observación, sino un guía para la investigación y una meta que había que alcanzar. Aristóteles, por encima de todo, no fue un biólogo de gabinete. Podemos citar un texto que lo demuestra. En *La generación de los animales*, al hablar de las abejas, afirma: "Los hechos no han sido todavía observados de modo satisfactorio; si alguna vez lo son, se debe dar más crédito a la observación que a las teorías, y a las teorías únicamente si están confirmadas por hechos observados".

El principal resultado general de las investigaciones biológicas de Aristóteles fue establecer una *scala na-*

turae, un método de clasificación de todos los seres vivientes, que no fue superado hasta la época de Linneo. Para tener noticia del mismo, reproduciremos el esquema que incluye W. D. Ross en su libro sobre Aristóteles:

Vivíparos		*Sanguíneos* 1. Hombre 2. Cuadrúpedos con pelo (mamíferos terrestres) 3. Cetáceos (mamíferos marinos)
Ovíparos		
	con huevo perfecto	4. Pájaros 5. Cuadrúpedos y ápodos escamosos (reptiles y anfibios)
	con huevo imperfecto	6. Peces *Sin sangre* 7. Malacios (cefalópodos) 8. Malacostráceos (crustáceos)
Vermíparos		9. Insectos
Producidos por limo generativo o generación espontánea		10. Ostracodermos (otros moluscos aparte de los cefalópodos)
Producidos por generación espontánea		11. Zoofitos

Algunos hallazgos concretos resultan admirables: "Se dio cuenta de que los cetáceos son mamíferos, he-

cho que fue pasado por alto por el resto de los autores hasta el siglo XVI. Distinguió los peces con esqueleto cartilaginoso de los que tienen esqueleto óseo, y los describió con extraordinaria exactitud. Describió cuidadosamente el desarrollo del embrión de pollo y comprobó en el cuarto día de incubación la presencia del corazón como "una mácula de sangre en la clara del huevo que late y se mueve como si estuviera dotada de vida". Dio una excelente descripción de las cuatro cámaras del estómago de los rumiantes. Comprobó la peculiaridad de la cópula de los cefalópodos, que no fue redescubierta hasta el siglo XIX. Su descripción del pez torpedo es muy detallada y ha sido básicamente confirmada por las observaciones posteriores. Su estudio de las costumbres (aunque no de la estructura) de las abejas es excelente. Su descripción del sistema vascular de los mamíferos, aunque contiene lagunas, es en lo fundamental muy buena". (Ross.)

Naturalmente, los críticos han podido descubrir muchos errores en la obra de Aristóteles, el más señalado de los cuales es quizá su rechazo de la doctrina de Alcmeón de que el cerebro es la sede de la sensación, eligiendo el corazón en su lugar. No cabe duda de que ello fue un paso atrás, pero nadie que examine las razones en que Aristóteles basó su elección considerará el error de mucha importancia en comparación con las pruebas que demuestran su infatigable laboriosidad y la excelencia general de su método. Un aspecto que habla a favor suyo es que no aceptara sin verificarlos los resultados obtenidos por un investigador siglo y medio anterior.

Sus razones para rechazar la opinión de Alcmeón fueron las siguientes:

1. El cerebro es insensible a la estimulación mecá-

nica externa. Si el cerebro de un animal se pone al descubierto, puede cortarse sin que el animal presente ningún signo de dolor. En la época de Aristóteles no se tenía idea clara de la función de los nervios, por lo que este experimento parecía ir en contra de la teoría de Alcmeón.

2. En los animales invertebrados, los ganglios cefálicos que corresponden al cerebro son por lo general demasiado pequeños para que puedan ser observados a simple vista. Escaparon, por tanto, a la observación de Aristóteles que pensó que estos animales no tenían cerebro. Comprobó, por el contrario, que tenían sensaciones que no pudo relacionar con el cerebro.

3. Lo mismo que Hipócrates, consideró erróneamente que el cerebro carecía de sangre, y muchos experimentos habían demostrado que solamente las partes sanguíneas eran sensitivas.

4. Pensó que la observación demostraba que no existen conexiones entre el cerebro y los órganos de los sentidos.

5. Pensó que podría descubrir lazos de conexión entre los órganos de los sentidos y el corazón.

6. El corazón es el centro del sistema vascular y del calor vital (una teoría hipocrática en la que Aristóteles creía).

7. El corazón es la primera parte que se mueve en el embrión y la última que deja de funcionar en el animal moribundo. Por tanto, es probable que sea la sede de la sensibilidad, la característica más esencial de la vida animal.

8. La función cardíaca aumenta o disminuye cuando se experimenta intenso placer o dolor.

9. La pérdida de sangre causa insensibilidad.

10. El corazón es el órgano del cuerpo, lo que pa-

rcce convertirlo en el órgano apropiado para ser sede de la sensación central.

Aristóteles se equivocó en lo relativo al corazón pero a causa de razones muy importantes. Para la exposición de su biología es conveniente recordar otros logros del gran pensador del que Darwin dijo: "Linneo y Cuvier han sido mis dioses, pero son unos niños comparados con el viejo Aristóteles". Porque su laboriosidad en la recogida de datos solamente fue igualada por su capacidad para crear nuevos conceptos que los redujeran a un orden inteligible.

Al comienzo de su estudio *Las partes de los animales* Aristóteles denuncia un punto débil de las bases teóricas de los presocráticos. Su concepción inadecuada de causa impidió la creación de una auténtica ciencia biológica. Tuvieron idea de la causa material, pero no comprendieron claramente la causa formal, la final ni la eficiente. La causa formal la entendieron en el sentido de que la materia indeterminada se manifiesta en las cuatro formas de tierra, agua, aire y fuego. Ello les permitió hasta cierto punto enfrentarse con el mundo inorgánico. Pero para decir algo útil del mundo orgánico, es preciso tener idea de un segundo y más elevado nivel de determinación. La vida no se encuentra asociada con los cuatro elementos en estado simple. Como ya hemos visto, cuando Aristóteles habla de los materiales de los cuales está hecho el cuerpo no menciona la tierra y el agua, sino la sangre, la carne, los huesos, las venas, etc. "Porque el cuerpo, si tiene que funcionar, es necesario que sea de tal y cual carácter y compuesto de estos y aquellos materiales." La estructuración de los materiales que componen el cuerpo, dice Aristóteles, no es simplemente mezcla física, sino lo que nosotros llamamos actualmente combinación quí-

mica, que Aristóteles fue el primero en definir. La llama "una unión de varios cuerpos capaces de combinarse que implica la transformación de las propiedades de los cuerpos que se combinan". (*De genaratione et corruptione.*) Con Aristóteles nace la noción de la química fisiológica.

Todavía más. Así como consideramos los materiales de que se compone el cuerpo, debemos considerar sus partes funcionales, como la mano, la cabeza o el ojo. Estas partes no pueden ser definidas adecuadamente salvo en términos de función. El ojo existe para ver, el estómago para digerir. La definición no es completa si a las causas material y formal no añadimos la causa final. En cuanto a la causa eficiente, era, para el filósofo natural, la naturaleza misma, aunque Aristóteles no excluyó una descripción más completa de la causa final desde el punto de vista metafísico.

La validez de estas formulaciones se puede comprender mejor a la luz de las críticas que Aristóteles hizo a sus predecesores. Empédocles, desconociendo las distinciones que luego se habían realizado, había explicado el carácter vertebrado de la espina dorsal en el hombre por la posición curvada del feto en el útero. El hueso dorsal se había quebrado a causa de la tensión. De forma semejante había explicado la presencia de la cavidad del estómago como consecuencia de la presión del agua contenida en el interior del embrión y la perforación de las fosas nasales como resultado de una violenta expulsión del aire. A estas explicaciones que podían resultar adecuadas para los accidentes que ocurren en talleres de alfarería o cristalería, se redujeron las confusas especulaciones biológicas del siglo v. No proporcionaban medio alguno para enfrentarse con el carácter específico de las formas biológicas. La for-

mulación de los correspondientes conceptos fundamentales estaba reservada a Aristóteles. Si el hombre, los animales y sus partes son fenómenos naturales, afirma, entonces el filósofo natural debe tener en cuenta no sólo los cuatro elementos, sino la carne, la sangre, los huesos y otras sustancias específicas de las cuales los cuerpos de los hombres y de los animales están formados. Reproducción no es lo mismo que fabricación. Ello implica la existencia de formas en la naturaleza. El hombre se forma a partir del hombre. La existencia de ciertos caracteres en los padres es lo que determina el carácter del hijo (*Las partes de los animales*).

Recordaremos, por último, otras contribuciones de Aristóteles distintas de las biológicas. Cuando era todavía estudiante en la Academia había sido ya muy comentada su pasión por la lectura. En el Liceo reunió la primera gran biblioteca de Europa, que fue más tarde el modelo de las de Alejandría y Pérgamo. Esta colección de libros no fue un lujo para Aristóteles; fue la exigencia fundamental de una de las facetas más originales de la actividad del Liceo. Por vez primera empezó a utilizarse el acercamiento histórico a los problemas de la filosofía y de la ciencia. En su *Metafísica* Aristóteles empieza con un bosquejo de la historia del pensamiento anterior destinado a presentar lo que considera como contribuciones originales en su verdadera perspectiva. Las actividades de otros miembros de la escuela se dirigieron al mismo fin. Realizaron una serie de estudios de historia de la filosofía y de la ciencia que, aunque no se han conservado, son la base de la mayor parte de nuestros conocimientos sobre el pensamiento de la antigua Grecia. La tarea de escribir la historia de la física y la metafísica la confió a Teofrasto, su discípulo favorito y futuro director del Liceo,

que la redactó en dieciocho libros. A Eudemo le asignó la historia de las matemáticas, es decir, de la aritmética, la geometría, la astronomía y probablemente también de la teología, cuya conexión con las matemáticas ya hemos comentado. Menón fue el historiador de la medicina. Teofrasto también se encargó y llevó a cabo la composición de una grandiosa obra sobre botánica, que supuso para la vida de las plantas lo que Aristóteles había hecho con la de los animales en sus variados trabajos de biología.

El gran esfuerzo de sistematizar y organizar el conocimiento llegó más allá de los límites de la ciencia natural, abarcando las ciencias sociales y la historia de la cultura. Los festivales periódicos y los juegos públicos fueron un hecho importante en la vida griega. Aristóteles recopiló una lista de los vencedores de los juegos píticos e hizo una colección de memorias de los concursos teatrales de dos festivales de Atenas. Platón, que creía que el teatro atrae el lado más bajo de la naturaleza humana, en la *República* y en las *Leyes* desterró a los trágicos de sus estados modelo. El humilde servicio de Aristóteles al arte que Platón había condenado permitió que conociéramos el desarrollo de la tragedia y de la comedia ateniense. La justificación filosófica de este interés por el teatro fue expuesta en un brillante tratado sobre la poesía en el que, sin citar el nombre de su respetado maestro, se rechazan y destruyen todos los ataques de Platón contra la tragedia. De modo parecido hizo con la obra de Homero que, por su carácter laico y el trato irreverente dado a los dioses olímpicos, fue otra de las "bêtes noires" de Platón. Tanto en su *Poética* como en sus *Problemas Homéricos*, Aristóteles colocó al gran poeta en el lugar que le correspondía, al mismo tiempo que sentaba los fundamen-

tos de la ciencia filológica, que pasaría al Museo de Alejandría junto con el resto de la tradición aristotélica. En política también fue importante su contribución, pero más quizá debido a su método histórico que a su capacidad de penetrar en la naturaleza de la sociedad humana o ver más allá de los estrechos límites de la ciudad-estado griega. Con la colaboración de miembros de su escuela describió las constituciones de 158 ciudades-estado. Se ha conservado muy poco de este extenso trabajo, aunque por fortuna ha aparecido en tiempos modernos su primera parte, que contiene la constitución de Atenas descrita por el mismo Aristóteles.

VIII. — LA ÉPOCA ALEJANDRINA

Tras la muerte de Aristóteles, la fama de Atenas como centro del saber fue rápidamente eclipsada por la de Alejandría. Ptolomeo, uno de los generales de Alejandro Magno, se había establecido en esta última ciudad como caudillo de una parte de su vasto imperio. La dinastía que fundó en la nueva capital de Egipto, en la que la corte griega dominante y una gran cantidad de judíos daban un carácter cosmopolita a la población, protegió la ciencia con pródiga generosidad. El Museo fundado y mantenido por los Ptolomeos en Alejandría se convirtió rápidamente en el centro de un movimiento científico que estuvo a punto de transformar la Antigüedad en algo semejante al mundo moderno. La sociedad antigua se detuvo en el umbral de la edad del maquinismo. Pero antes de centrar nuestra atención en Alejandría debemos considerar brevemente la evolución posterior de Atenas.

La preeminencia de Atenas en el siglo IV como un centro de educación superior descansaba sobre todo en tres grandes escuelas, la del retórico Isócrates, la Academia de Platón y el Liceo de Aristóteles. La escuela de Isócrates, la primera que se abrió, data probablemente del 393 a. de C. Fue de carácter humanista más que científico. El fundador no estaba interesado en cuestiones metafísicas y era escéptico acerca del valor de las matemáticas superiores; pero su extraordinaria elocuencia y su talento como publicista atrajeron a su

escuela a aquellos que por su riqueza y por su cuna estaban destinados a ser gobernantes o altos cargos de los diversos estados griegos. Sus discursos públicos sobre temas de importancia cultural y nacional, que todavía conservamos, son prueba del alto nivel de la cultura general que era capaz de impartir.

En contraposición con la escuela de Isócrates, la Academia fundada aproximadamente en el 387 era de carácter filosófico y científico, exigiéndose para ingresar una formación elemental en matemáticas. Bajo la dirección de Platón, las matemáticas pitagóricas fueron sistematizadas sobre nuevas bases, principalmente por obra de dos hombres, Teeteto y Eudoxo, el fruto maduro de cuyos esfuerzos sería recogido por Euclides en Alejandría. En el seno de la Academia se desarrollaron también las nuevas tendencias representadas por Aristóteles y el Liceo. Tampoco debe olvidarse que la Academia tenía como meta política fundamental la reorganización de la sociedad mediante la reforma del individuo. Las actividades reflejadas en vida de Platón por la publicación de la *República* y las *Leyes*, fueron reconocidas después de su muerte al recurrir a la Academia varias ciudades, pidiendo ayuda para redactar su constitución.

La trayectoria del Liceo, en contraste con la de la Academia, fue meteórica por su brillantez y brevedad. Su actividad estuvo prácticamente reducida a la vida de su fundador y a la de Teofrasto, su sucesor inmediato. El Liceo, en efecto, se encarnó más tarde en el Museo de Alejandría. Pero la Academia continuó funcionando en Atenas, produciendo una larga serie de matemáticos. Algunos de los más famosos fueron Espeusipo, Jenócrates, Dinostrato y Teudio, que desarrollaron una concepción escéptica y crítica que ejerció

durante mucho tiempo efectos beneficiosos sobre el pensamiento del mundo antiguo. La Academia, por su parte, tuvo una vida ininterrumpida de más de novecientos años, siendo finalmente cerrada por el emperador Justiniano en la tercera década del siglo VI de nuestra era. En todo el período alejandrino su existencia, junto a las escuelas rivales estoica y epicúrea, hizo posible que Atenas mantuviera en el mundo filosófico la preeminencia que Alejandría le había arrebatado en el campo científico.

No obstante, antes de que el centro de la actividad se trasladase a Alejandría, se consiguieron dos notables logros científicos en suelo ático. Heráclides de Ponto (388-310) se instaló en Atenas hacia la segunda mitad del siglo IV y allí expuso por vez primera dos descubrimientos astronómicos revolucionarios, destinados a inmortalizar su nombre. Se recordará que Platón había planteado a los miembros de la Academia el problema de determinar "los movimientos ordenados y uniformes por los que se podía explicar los movimientos aparentes de los planetas", y cómo Eudoxo había dado al problema una solución geométrica, que Aristóteles había transformado después en modelo mecánico de la estructura del universo. Heráclides consiguió una solución mucho más acertada del problema de Platón. Descubrió que los planetas Venus y Mercurio (cuyas órbitas están más próximas al sol que a la tierra y que, por consiguiente, nunca se ven a una gran distancia del sol) giran, no alrededor de la tierra, sino alrededor del sol. Y entre las dos alternativas posibles que podrían explicar la apariencia de la rotación diaria del cielo estrellado, es decir, que gire realmente o que la apariencia de rotación está producida por la rotación de la tierra sobre su propio eje, se decidió correctamente por la

última. Ésta fue la verdadera línea del desarrollo que en última instancia no sólo explicó las apariencias sino que reveló los hechos.

La segunda contribución fue de carácter médico. Diocles, oriundo de Caristo en Eubea, se instaló asimismo en Atenas y, a pesar de que sus obras se han perdido, sabemos que realizó importantes investigaciones, especialmente en embriología humana. Afirma que examinó el feto humano en varias etapas de su desarrollo y que encontró a los veintisiete días vestigios de la cabeza y de la columna vertebral, siendo capaz de distinguir a los cuarenta días una forma parecida a la humana.

Pero con el esplendor de Alejandría, la preeminencia científica de Atenas se esfumó. Típica del cambio es la carrera de Estratón de Lampsaco, que sucedió a Teofrasto en la dirección del Liceo. Aunque se ha conservado poco de sus notables investigaciones, sabemos que cultivó el aspecto físico de la filosofía natural más que el biológico, y que intentó reconstruir las teorías físicas de Aristóteles sobre las bases del atomismo de Demócrito. Desgraciadamente para la posición de Atenas en la historia de la ciencia y para la continuidad del Liceo, Estratón no terminó su carrera en la capital ática, ya que fue llamado a Alejandría por el fundador de la dinastía ptolomeica. Con la partida del director del Liceo, toda la actividad científica de esta institución se trasladó a la capital egipcia.

La revitalización del atomismo por Estratón es un paso de capital importancia que conviene esclarecer en la medida que lo permitan las fuentes. El mérito pertenece a Aristóteles, que al planear el programa de investigación del Liceo, desechó el veto impuesto por la Academia a algunos aspectos de la indagación física.

La hostilidad de Platón hacia Demócrito había sido absoluta, incluso puede decirse que casi patológica. Nunca llegó a mencionar su nombre y la tradición afirma que deseaba quemar todos sus libros. En las obras de Aristóteles no hay ninguna señal de tal intolerancia. Por el contrario, en su tratado *De generatione et corruptione*, condena el acercamiento puramente matemático a la física por parte de Platón, hace hincapié en la necesidad para el filósofo natural de estar en íntima relación con la naturaleza y sus fenómenos, y concluye: "los hallazgos de Demócrito, procedentes del estudio de la naturaleza, están basados en razonamientos apropiados".

Esta valoración favorable de Demócrito, junto con el reconocimiento de que las escuelas socráticas habían contribuido a retrasar la ciencia física, se encuentra también en el pasaje de *Las partes de los animales* en el que se critica a Empédocles por ignorar la doctrina de las causas formales y finales. Se afirma allí que Demócrito, aunque no consiguió aplicar adecuadamente estos principios a su filosofía natural, fue el primero en comprenderlos. La aparición de Sócrates desvió, sin embargo, la atención hacia la ciencia política y ética y se abandonó la indagación de la naturaleza. Los conceptos de causa formal y final alcanzaron, por ello, el necesario desarrollo y aplicación únicamente en la esfera de la moral y la política. De esta manera se posibilitó el restablecimiento de la ciencia natural en el Liceo. La continuidad y el éxito con que fue cultivada se reflejan en las investigaciones biológicas y químicas del mismo Aristóteles, en los trabajos de Teofrasto sobre plantas y minerales, en un tratado anónimo de mecánica y por último en la neumática de Estratón, que investigó el papel del vacío en la formación de las

cosas con una brillante combinación de teoría y experiencia. El veto socrático sobre la investigación física había terminado.

En Alejandría, donde Estratón había sido llamado por Ptolomeo, se organizaron los estudios a un nivel sin precedentes hasta entonces, aunque la verdadera función del Museo no tuvo lugar hasta el reinado del segundo Ptolomeo. El Museo, o Templo de las Musas, estuvo nominalmente a cargo de un sumo sacerdote —una concesión a la tradición largo tiempo establecida en la cultura sacerdotal egipcia—, pero fue en esencia un centro de investigación que también impartía enseñanza. Por primera vez, enseñanza e investigación fueron subvencionadas adecuadamente por el estado en una ciudad que culturalmente era europea. Es cierto que había precedentes de mantenimiento de bibliotecas reales. Los tiranos Peisístrato de Atenas y Polícrates de Samos habían tenido bibliotecas en el siglo VI, imitando una costumbre del Oriente, donde desde hacía mucho tiempo existían bibliotecas en Babilonia, Asiria, Fenicia, Jerusalén y Capadocia. Pero el Museo no se redujo a poseer la biblioteca más importante que había existido jamás (su núcleo inicial fue formado por la biblioteca del propio Aristóteles, y pronto contó entre sus tesoros con fondos tan valiosos como el texto oficial de las tragedias atenienses, sobrepasando en total el medio millón de volúmenes), sino que ofrecía también otros muchos recursos para la investigación. Había salas de lectura y estudio, salas de disección, un observatorio astronómico, un parque zoológico, un jardín botánico, en una palabra, todas las necesidades materiales para los estudios anatómicos, biológicos, botánicos y fisiológicos que tan rápido progreso iban a conseguir allí. Tampoco faltaban hombres. Con abundantes

recursos financieros, los Ptolomeos no tenían obstáculo para llevar a su institución los mejores cerebros. El rey pagaba al personal y entre los cerca de cien profesores regios que el establecimiento mantenía, un número realmente notable han pasado a la posteridad como benefactores de la humanidad. La institución vivió en total unos seiscientos años, pero sufrió varias vicisitudes. El peor desastre que experimentó fue el incendio de la biblioteca durante la campaña alejandrina de Julio César, pero cien años antes, en el 145, el Museo había sido cerrado temporalmente, finalizando su período de máximo esplendor por la violencia de Ptolomeo Eurgetes II, que al volver victorioso de una guerra civil entregó Alejandría al saqueo. El período más brillante de su existencia corresponde a los primeros ciento cincuenta años. Realizaron entonces sus obras los tres grandes clásicos matemáticos, Euclides, Arquímedes y Apolonio, y una serie de grandes astrónomos y geógrafos enseñaron a la humanidad a hacer mapas de los cielos y de la tierra, condición especial para la organización de la civilización en gran escala. En el terreno de las ciencias biológicas, la anatomía y la fisiología hicieron progresos extraordinarios. La mecánica multiplicó indefinidamente las fuerzas a disposición del hombre. Y los especialistas en gramática analizaron la estructura del lenguaje y establecieron firmes principios para la crítica de textos, sin los cuales la información cultural no puede ser conservada y el progreso se hace inseguro y ciego. Los medios para mejorar ampliamente el gobierno de su destino estaban al alcance de la mano del hombre, si éste hubiese sido capaz de usarlos. Desgraciadamente, la cosecha fue pobremente recogida.

Como las contribuciones al saber médico se reali-

zaron en el período 300-250, resulta adecuado exponerlas en primer término. Se debieron principalmente a la labor de dos hombres, ambos griegos asiáticos, que con numerosas disecciones de hombres y animales elevaron la anatomía y la fisiología a un nivel que no fue seriamente superado hasta el siglo XVI de nuestra era. Los descubrimientos anatómicos están asociados íntimamente al nombre de Herófilo de Calcedonia. Sus obras se han perdido, pero de los testimonios posteriores se desprende que su mejor escrito es el que dedicó al cerebro. El *torcular Herofili* es llamado así en recuerdo suyo; descubrió también las meninges, distinguió el cerebro del cerebelo e identificó una depresión en el cuarto ventrículo, el *calamus scriptorius*, término equivalente en latín al nombre que él le dio. Fue también el primero que comprendió la naturaleza de nervios diferentes a los de los sentidos especiales y el que los clasificó en motores y sensitivos. El resultado de su descubrimiento fue que la confusión aristotélica entre las funciones del cerebro y las del corazón fue rápidamente corregida, volviéndose al punto de vista de Alcmeón, según el cual el cerebro es el órgano central del sistema nervioso y la sede de la inteligencia.

El sistema fisiológico de Erasístrato de Chios es aparentemente menos impresionante porque se basa en los conceptos de espíritu vital y animal, que desde el descubrimiento por Harvey de la circulación de la sangre han caído definitivamente en desuso. Pero se fundamentó asimismo en vastas investigaciones sobre el sistema vascular del hombre y los animales. Entre los vasos descritos por Erasístrato, Singer cita la aorta, la aorta descendente, la arteria pulmonar, las arterias intercostales, las arterias hepáticas, las arterias renales, las arterias gástricas, las venas pulmonares, la vena

cava, la vena ácigos y las venas hepáticas. Erasístrato distinguió, naturalmente, las venas de las arterias, e incluso su errónea opinión de que las arterias contenían aire y no sangre encierra cierta idea acerca de las conexiones entre los sistemas venoso y arterial.

Aunque las obras de los médicos alejandrinos han desaparecido, no debe olvidarse que debemos en gran parte a la multiplicación y a la difusión de los libros en Alejandría el conservar las doctrinas y los textos de la Grecia clásica, incluida la *Colección hipocrática*. En Alejandría se recogieron, criticaron, corrigieron y editaron las obras maestras de la literatura y de la ciencia, de la prosa y el verso griegos. Junto a esta labor crítica y naturalmente a partir de ella, se desarrolló la gramática según unas líneas todavía vigentes en la actualidad. La primera gramática griega, que sin duda representa la culminación de una larga tradición, es la de Dionisio de Tracia, que floreció hacia el año 120 a. de C. y fue discípulo de Aristarco, bibliotecario de Alejandría y famoso crítico literario. Su gramática consta, en la edición moderna, sólo de dieciséis páginas, pero es muy detallada y está admirablemente sistematizada. Empieza definiendo la gramática como "el saber práctico acerca de la expresión de los escritores en verso y en prosa" y luego divide la exposición en seis partes que contienen gran número de materias que nosotros no incluimos en esta disciplina. Las seis partes son: lectura correcta, explicación de las partes de la oración, exposición de palabras raras y materias temáticas, etimología, doctrina de las formas gramaticales regulares y, por último, crítica poética, "que es la parte más noble de todas". Más tarde trata de la acentuación, puntuación, letras, sílabas, partes de la oración, declinación y conjugación. Se trata de un cuerpo

de doctrina tan completo, y expuesto de una manera tan clara, que no es sorprendente que esta obra fuera durante trece siglos el libro de texto clásico sobre esta materia.

A pesar de la celebridad de este texto alejandrino de gramática, su fama es menor que la de otro producto del mismo ambiente: los *Elementos* de Euclides. Este libro, uno de los más famosos de la historia del mundo, fue escrito por un hombre del que apenas conocemos poco más que el nombre y el hecho de que floreció durante el reinado del primer Ptolomeo. Los *Elementos* resumieron y completaron la tradición griega en geometría y aritmética (esto es, en teoría de los números) y se convirtieron muy pronto en un texto clásico. Arquímedes, que nació hacia el año 287, ya lo cita, indicando el libro y la proposición correspondiente; asimismo a principios de este siglo, era aún el texto usual de geometría elemental en los países de habla inglesa. Además de los trece libros de los *Elementos*, se conservan otras obras de Euclides: los *Phaenomena*, tratado sobre astronomía esférica, y la *Optica*, tratado sobre perspectiva. Parece que este último tema lo desarrolló impulsado por las exigencias del arte escénico.

La investigación astronómica no fue en Alejandría meramente teórica sino basada en observaciones, y condujo pronto a progresos que anticiparon la revolución copernicana. Su principal autor fue Aristarco de Samos, discípulo de Estratón de Lampsaco, cultivador como él de la física. La obra en la que expuso su revolucionaria hipótesis astronómica se ha perdido, pero afortunadamente disponemos de un resumen de sus teorías contenido en los escritos de Arquímedes, que era algo más joven que Aristarco. "Su hipótesis —dice

Arquímedes— es que las estrellas fijas y el sol permanecen inmóviles y que la tierra gira alrededor del sol trazando un círculo y siendo el sol el centro de su órbita." Es una lástima que no dispongamos de los argumentos en que Aristarco apoyaba su formulación.

Aristarco amplió también extraordinariamente las ideas admitidas acerca del tamaño del universo, porque Arquímedes continúa diciendo que según él "la esfera de las estrellas fijas situada alrededor del mismo centro que el sol, es tan grande, que el círculo en el que la tierra gira guarda la misma proporción con la distancia de las estrellas fijas que el centro de la esfera con su superficie". Esto equivale a decir que la distancia a las estrellas fijas es tan grande, que el diámetro de la órbita anual de la tierra alrededor del sol es, en comparación, despreciable. La razón de Aristarco para hacer tan extravagante afirmación es que los instrumentos de astronomía no habían alcanzado aún el suficiente grado de precisión para permitirle detectar el fenómeno del paralaje.

Naturalmente, la meta de los astrónomos alejandrinos no era, como en el caso de Platón, resolver los problemas mediante la geometría esférica, sino descubrir los hechos físicos. El único escrito de Aristarco que ha llegado a nosotros se titula *Sobre los tamaños y distancias del sol y la luna.* Lo escribió antes de formular su teoría heliocéntrica del universo, pero merece ser considerado como ejemplo de la ciencia astronómica de su época, aun dentro de los exiguos límites de este libro.

La ordenación metódica de la obra es digna de la época que acaba de producir los *Elementos* de Euclides. Aristarco empieza por formular seis hipótesis o supuestos, en las que basa su razonamiento y en cuya

certeza o falsedad se apoya o falla. Son las siguientes:

1. La luna recibe su luz del sol.

2. La tierra es como un punto central en relación con el círculo en el que gira la luna. Así pues, propone despreciar el diámetro de la tierra como insignificante en comparación con el diámetro de la órbita lunar.

3. Cuando la luna aparece reducida a la mitad, el gran círculo que divide las zonas brillante y oscura de la luna se localiza en la dirección de nuestra mirada. Esto, como lo demuestra un diagrama, significa que los centros del sol, la tierra y la luna forman un triángulo rectángulo con el ángulo recto en el centro de la luna.

4. Cuando la luna aparece reducida a la mitad, su distancia angular del sol es de 87 grados. Esto es ligeramente inexacto. El verdadero ángulo es de más de 89 grados.

5. La anchura de la sombra de la tierra es la de dos lunas.

6. La luna subtiende un ángulo de 2 grados. Esto es de nuevo erróneo. Arquímedes se refiere a una estimación posterior de Aristarco de medio grado, que es correcta.

"Estamos ahora en condiciones —prosigue Aristarco— de demostrar las siguientes proposiciones:

1. La distancia del sol a la tierra es superior a dieciocho veces, pero inferior a veinte veces, la distancia de la luna a la tierra.

2. El diámetro del sol tiene con el de la luna la misma proporción mencionada anteriormente.

3. El diámetro del sol tiene en relación con el diámetro de la tierra una proporción mayor que 19:3 pero menor que 43:6".

De esta manera se demuestran dieciocho proposiciones más. Hemos reproducido la 7, la 9 y la 15, por

ser las que corresponden al tema central del tratado.

El método de esta obra, es decir, la teoría matemática aplicada a los datos de observación no es excepcional. La inexactitud de los datos es de menor importancia. Los alejandrinos eran conscientes de estas imperfecciones. Arquímedes afirma repetidas veces en sus escritos que ni los ojos, ni las manos, ni los instrumentos le bastan para conseguir la precisión que necesita, y en uno de sus tratados dedica cinco o seis páginas a describir un ingenioso artificio para disminuir el margen de error en la determinación del ángulo que el disco solar subtiende al ojo. Aristarco estimó la relación entre la sombra de la tierra y el diámetro de la luna (hipótesis 5) cronometrando el tiempo que tarda en pasar la luna a través de la sombra de la tierra en un eclipse. Su cálculo, realizado probablemente con el reloj de agua, es demasiado corto.

Hay un sorprendente defecto de observación que plantea un problema de tal interés que merece una breve digresión. La proposición 8 del tratado *Sobre los tamaños y distancias del sol y de la luna* afirma: "Cuando el sol está totalmente eclipsado, el sol y la luna están comprendidos en un mismo cono que tiene su vértice en nuestro ojo". Aristarco utiliza esta observación para justificar su opinión de que los diámetros del sol y de la luna subtienden el mismo ángulo a nuestro ojo. Pero ya existían pruebas que tendían a demostrar que las distancias del sol y de la luna a la tierra no son constantes. Un autor griego tardío, Simplicio, escribía el año 536 de nuestra era, tras recoger pruebas de la variación de las distancias de los cuerpos celestes a la tierra: "Hay también pruebas de la verdad que he formulado acerca de los hechos observados relativos a los eclipses totales del sol; porque, cuando el centro

del sol, el centro de la luna y nuestro ojo se encuentran en una línea recta, no se ve siempre lo mismo; porque unas veces el cono que encierra la luna y tiene su vértice en nuestro ojo encierra al mismo tiempo al sol, que resulta invisible para nosotros durante cierto tiempo; mientras que otras veces no sucede esto sino que en la mitad del eclipse se ve un reborde solar de cierta amplitud que rodea por fuera el disco lunar. Debemos deducir de ello que las diferencias aparentes en el tamaño de los dos cuerpos, observados en las mismas condiciones atmosféricas, se debe a la variación de sus distancias".

Simplicio demuestra, por tanto, la insuficiencia de los datos de observación en los que Aristarco basa sus conclusiones. Indica también que las variaciones del tamaño de los planetas, correspondientes a variaciones de su distancia a la tierra, eran conocidas ya por Aristóteles e incluso antes. Se trata, sin duda, de un ejemplo de lo peligroso que resulta despreciar las pruebas que no se adecuan a una teoría preconcebida. Si Aristóteles hubiera concedido la debida importancia a estas observaciones, no hubiera llegado a formular su sistema de esferas concéntricas basado en la doctrina de la inmutabilidad de los cielos y en la consideración de la esfera como figura perfecta, lo que hubiera sido realmente provechoso para la ciencia. Tampoco hubiera afectado al razonamiento de Aristarco admitir que en los eclipses solares el disco de la luna a veces cubre el sol y otras veces no. Haciendo justicia a Aristóteles, debemos recordar, sin embargo, que en su *Metafísica* advierte que sus teorías astronómicas son provisionales y dependen en todo momento de observaciones más precisas por parte de especialistas.

Aristarco había intentado solamente determinar den-

tro de ciertos límites las relaciones existentes entre los diámetros del sol y la luna y el de la tierra. Faltaba todavía una estimación aproximada del diámetro de la tierra en unidades absolutas. Aristóteles, por ejemplo, cita en una ocasión una cifra que es casi dos veces mayor que la correcta. La estimación fue finalmente realizada por Eratóstenes, un científico algo más joven que Aristarco, bibliotecario en Alejandría y uno de los más grandes geógrafos de la Antigüedad. Su cálculo se basaba en combinar observaciones astronómicas con mediciones directas sobre una parte de la superficie terrestre. En Siene, durante el solsticio de verano el sol cae a mediodía verticalmente sobre la tierra, como lo demuestra el hecho de que ilumina completamente el fondo de una sima. En Alejandría, en esta misma época, la distancia del sol desde el cenit es 1/50 de la circunferencia celeste. Eratóstenes estimó que estas dos ciudades están situadas en el mismo meridiano y separadas por una distancia de 5.000 estadios, datos ambos aproximadamente correctos. Cinco mil estadios equivalen por tanto a 1/50 de la circunferencia terrestre. Reducida a nuestras unidades de longitud ello significa que la circunferencia terrestre mide unos 39.651 km, que es una estimación bastante exacta. Implica para el diámetro terrestre un valor que es solamente 80 km inferior al verdadero diámetro polar.

Como geógrafo estrictamente científico, a Eratóstenes le parecía indispensable el empleo de datos astronómicos para trazar el mapa del mundo de acuerdo con los paralelos (latitud) y los meridianos (longitud). Por otra parte, como verdadero continuador de la tradición aristotélica, encabezó su propia contribución al saber geográfico con una historia de la disciplina desde Homero hasta su época.

Los egipcios no habían realizado contribuciones importantes a la ciencia geográfica. Sabemos que en una época temprana, en el año 3200 a. de C., durante el reinado de Snefru, se organizó una expedición marítima, marchando cuarenta barcos de 50 metros de eslora a buscar madera de cedro a Biblos, en Fenicia. Pero la exploración marítima del Oriente no hizo muchos progresos con los egipcios. La expedición más famosa llevada a cabo bajo sus auspicios fue confiada a los fenicios, que, según un relato digno de confianza, circunnavegaron África hacia el año 600. La primera exploración amplia del Mediterráneo fue realizada por los minoicos, que estaban instalados en la isla de Creta. Antes del año 1500 conocían seguramente el Mediterráneo oriental y hacia el 1200 habían extendido sus viajes a Sicilia y al sur de Italia. Sin embargo, fueron los fenicios los primeros que, durante el milenio anterior a nuestra era, exploraron el Mediterráneo de un extremo a otro. Por su parte, el cartaginés Hanno, hacia el año 500 a. de C., costeó hacia el sur la costa occidental africana hasta Sierra Leona, a unos ocho grados del Ecuador. Inmediatamente detrás de los fenicios aparecieron sus rivales los griegos. El descubrimiento del mar Negro, por ejemplo, fue realizado por los griegos de Mileto. La exploración empezó en torno al año 800 a. de Cristo., y hacia el 650 existía ya una importante serie de colonias griegas alrededor de la costa del mar Negro. Para esta ciudad de exploradores y mercaderes había dibujado Anaximandro su mapa. No obstante, no fue en Mileto, sino en la vecina ciudad de Focea, donde se organizó la gran empresa que acabaría transformando al Mediterráneo en algo parecido a un lago griego. Probablemente en una época tan temprana como el año 850 a. de C., colonos

de Focea ocuparon el territorio italiano de Cumea cercano a Nápoles y hacia finales del siglo VII existían en el Mediterráneo occidental numerosos poblados griegos, la mayoría de ellos de origen focense. El más occidental de estos poblados estuvo en Mainake, cerca de Málaga, y la más famosa en Marsella, siendo el primer núcleo civilizado de Francia.

Desde Marsella emprendió el capitán focense Piteas, hacia el año 300 a. de C., uno de los grandes viajes de la Antigüedad. Sorteando la vigilancia de los cartagineses, que aún se esforzaban en dicha época por conservar el Atlántico como cosa propia, atravesó las columnas de Hércules y costeó hacia el norte. Su principal objetivo eran las minas de estaño de Cornualles, que visitó y describió correctamente. Piteas fue un hombre culto y un hábil astrónomo, y su viaje fue valioso en resultados científicos. Fue capaz de descubrir que la estrella polar no está situada exactamente en el polo, y de determinar la latitud de Marsella con unos pocos minutos de diferencia de la cifra correcta. Sus observaciones exactas dieron a geógrafos posteriores puntos de referencias que permitieron levantar el mapa de la Europa nórdica y central; y gracias a la información que proporcionó pudo Eratóstenes ubicar Irlanda en su posición correcta respecto a Gran Bretaña.

Viajeros científicos como Piteas fueron capaces de calcular latitudes astronómicamente. El problema de las longitudes, sin embargo, no pudo ser solucionado. La brújula y el polo magnético eran desconocidos y el capitán tenía que valerse de estimaciones basadas por la velocidad media de su embarcación, e introduciendo correcciones para circunstancias especiales. Las longitudes del mar Negro y del Mediterráneo fueron siempre muy exageradas en la Antigüedad.

Las condiciones eran semejantes en tierra, donde el cuadrante solar y el "polos" permitían a los científicos determinar latitudes con bastante exactitud. No obstante, las distancias, por regla general, eran medidas directamente por "medidores", tales como los que acompañaron al ejército de Alejandro en su marcha hacia el este. Estos eran los instrumentos y los datos en que confiaban los antiguos geógrafos para la confección de sus mapas. Carecemos de detalles acerca de cómo Anaximandro realizó el primer mapa griego. Uno de sus sucesores, Hecateo, igualmente de Mileto, hacia el año 510 a. de C. hizo otro mapa como complemento de su descripción del mundo. Hecateo agrupó las tierras que conocía de forma simétrica alrededor del Mediterráneo. Mapas de este tipo llegaron a ser corrientes en el siglo v, y sabemos que Aristóteles en el siglo IV tenía una colección cartográfica en el Liceo. Eratóstenes, reuniendo los resultados de este prolongado esfuerzo y completándolos con superiores conocimientos científicos, calculó que la región habitable de la tierra era un área de unos 15.000 kilómetros de longitud y 7.000 de anchura, que dividió en rectángulos mediante paralelos y meridianos. Sus dos ejes principales se cortaban en la isla de Rodas y los meridianos extremos estaban situados en las columnas de Hércules al oeste, y en el Ganges al este. Los principios de la cartografía científica alcanzaron, en suma, un notable grado de exactitud. Pero debe añadirse que en ningún momento en la Antigüedad, debido a la falta de una organización adecuada, se consiguió conocer en detalle el mundo habitable con la precisión que su ciencia permitía. Las distancias se calcularon mediante estimaciones y fueron generalmente inexactas.

Igual que los cartógrafos de Mileto de los siglos VI

y v estaban influidos por las necesidades prácticas de su comunidad comercial y colonizadora, los Ptolomeos, al subvencionar el gran esfuerzo científico de Alejandría, se interesaron por la aplicación práctica de sus resultados. Sin embargo, entre los griegos prevaleció la idea de que la ciencia no debía tener aplicación práctica, siendo el aspecto puramente teórico el más destacado por los escritores antiguos. Ello se refleja de forma clara en la biografía de Arquímedes, considerado generalmente como el más grande matemático y físico de la Antigüedad y uno de los mayores científicos de todos los tiempos. Aunque nacido en Siracusa, pertenece a la escuela de Alejandría, porque había estudiado en dicha ciudad y siempre se mantuvo en estrecho contacto con sus círculos científicos. La mayor parte de su vida la pasó en Sicilia como familiar y amigo del rey Hierón, prefiriendo honrar su ciudad natal y defender su patriotismo local con el uso del dialecto dórico, incluso en sus obras científicas maestras. Señalaremos, de paso, que el estilo de Arquímedes está a su altura, siendo un modelo de sencillez y precisión.

Las numerosas invenciones que realizó demuestran que Arquímedes estaba genialmente dotado para los aspectos prácticos de la mecánica. En su juventud construyó un planetario que, según una frase sin duda demasiado entusiasta de Cicerón, "reprodujo con un solo motor todos los movimientos desiguales y diferentes de los cuerpos celestes". En Egipto fue muy celebrada su invención de una bomba espiral para elevar el agua del Nilo. Se afirma que detectó la adulteración del oro de la corona de Hierón por un método que implica el descubrimiento del principio de la densidad específica. Botó una gran galera para Hierón por

medio de un sistema de poleas compuestas y, sobre todo, defendió Siracusa contra el ataque de los romanos mediante una serie de máquinas militares sin precedentes en aquel tiempo. No obstante, lo que más le enaltece es su contribución a la ciencia pura. En su tumba deseó que se representase una esfera inscrita en un cilindro, junto con la fórmula que había descubierto para calcular el volumen que un cilindro excede a su esfera inscrita.

Una prueba interesante de la actitud de los griegos hacia la mecánica la ofrece Plutarco en su comentario sobre Arquímedes en su *Vida de Marcelo*, el general romano que conquistó Siracusa. El famoso y popular arte de la mecánica, dice Plutarco, fue creado primero por Eudoxo y Arquitas, contemporáneos y amigos de Platón. Estos hombres, enfrentados con problemas teóricos que desafiaban su capacidad de análisis mediante el razonamiento y la geometría, recurrieron a ingeniosas construcciones mecánicas que resolvieron sus problemas de forma práctica. Platón se afligió por ello y los acusó de "destruir todo lo bueno de la geometría", que por su culpa había escapado como un esclavo fugitivo de lo incorpóreo e inteligible a lo sensible, recurriendo al uso de cuerpos materiales que exigía una manipulación práctica vulgar. De este modo, continúa Plutarco, la mecánica fue abandonada, se separó completamente de la geometría, sufrió persistente desprecio por parte de los filósofos y se rebajó al nivel del arte militar.

Podría suponerse, por los términos que usa, que Plutarco, en el siglo I de nuestra era, había superado los prejuicios de la época anterior y deploraba la exclusión de la mecánica del conjunto de las artes liberales. Pero ello no es verdad. Fue desgraciadamente un se-

guidor de Platón demasiado ortodoxo que alabó a Arquímedes por su altivo desprecio hacia sus logros prácticos. A pesar de que sus proezas de ingeniería le valieron tener fama de ingenio sobrehumano, afirma, tan sublime era su espíritu, tan fértil su genio, tan rico su saber teórico, que rehusó escribir un tratado de mecánica o de cualquier arte que se relacionara con la práctica. Consideró como innobles y vulgares estos intereses y prefirió concentrar todas sus facultades en materias cuyo atractivo y excelencia no estuvieran contaminadas por la aplicación a necesidades humanas.

Esta pasión por la ciencia pura, y el tan comentado fracaso de la misma para producir una civilización más mecanizada, parecen deberse en cierta medida a la estructura de la sociedad griega. Sus esclavos eran sus máquinas, mientras fueran baratos no era preciso intentar reemplazarlos. La mano de obra esclava duró más que el esplendor de la ciencia antigua, privándola por tanto de motivo económico para la invención de máquinas. Sería una cuestión interesante comprobar si los motivos humanitarios influyeron en el desarrollo de invenciones mecánicas, cosa que parece improbable en la Antigüedad. Aunque no faltaron personas compasivas, prevaleció la cómoda creencia de que la naturaleza había dividido a los hombres en dos categorías, la de los pensadores y la de los trabajadores manuales, división en la que se basó la sociedad. Los trabajadores fueron considerados indignos del derecho de ciudadanía, por algunos autores como Aristóteles, que lo limitó a la clase dirigente y a los soldados. Para excluir a los trabajadores de tal derecho, ofrece un razonamiento sorprendente. Los trabajadores, dice, son necesarios al estado pero no forman parte de él, lo mismo que un campo es necesario para mantener una

vaca, pero no es parte de la vaca. En una sociedad en la que pesaban tales argumentos, la ciencia fue un privilegio de los económicamente independientes y no se pensó que tuviera una función social, sino que interesaba principalmente como disciplina para el alma individual de los escogidos por la naturaleza para ser pensadores.

No resulta, por tanto, sorprendente que Arquímedes estuviera orgulloso del aspecto teórico de su obra. Su contribución a las matemáticas y a la mecánica teórica fue enorme. Sus principales escritos son los siguientes: *Sobre la esfera y el cilindro* (dos libros), *La medición del círculo*, *Sobre conoides y esferoides*, *Sobre espirales*, *La cuadratura de la parábola*, *El arenario*, *Sobre los cuerpos flotantes* (dos libros) y *Sobre el equilibrio de los planos* (dos libros). *El arenario* es un tratado de divulgación dirigido a Gelo, el sucesor de Hierón, que muestra cómo la numeración griega puede utilizarse para expresar cualquier número por muy grande que sea. En los dos libros *Sobre los cuerpos flotantes* se sientan las bases de la hidrostática. En este tratado expone Arquímedes el famoso principio de que "un cuerpo sumergido en el líquido experimenta una pérdida de peso equivalente al peso del volumen de líquido que desaloja". En el mismo escrito afirma y demuestra que "la superficie de cualquier fluido en reposo es una esfera cuyo centro es el mismo que el de la tierra". El tratado *Sobre el equilibrio de los planos*, partiendo de unos cuantos postulados, tales como el de "pesos iguales a distancias iguales se equilibran", llega con lógica magistral al teorema fundamental de que "dos pesos se equilibran a distancias proporcionales a sus pesos". Éste es el principio que le movió

a exclamar, "dadme un punto de apoyo y moveré el mundo".

El mismo ambiente que hizo que un inventor tan fértil como Arquímedes despreciara las aplicaciones prácticas de sus conocimientos, explica también el carácter inútil o destructivo de muchas de las máquinas inventadas en este período. Las menos inútiles son las asociaciones al nombre de Ctesibio. Este autor inventó un reloj de agua de gran exactitud ideado para indicar las horas del día y de la noche de acuerdo con el sistema habitual en la Antigüedad clásica, según el cual las longitudes de las horas variaban con las estaciones del año. Inventó también un órgano de agua, una bomba pistón de doble acción y una escopeta que funcionaba mediante aire comprimido. El hecho más importante de estas invenciones es que estaban basadas en la fuerza ejercida por el aire comprimido. Son prueba fehaciente de los experimentos físicos que realizaban de manera sistemática los discípulos de Estratón de Lampsaco. Desafortunadamente, los escritos de Ctesibio han desaparecido. El tratado de mecánica aplicada más antiguo que se conserva es una parte de una obra general de Filón de Bizancio, que floreció en el siglo II o III a. de C.

La técnica de los arquitectos y de los ingenieros puede que no alcanzara una expresión escrita, y si lo hizo, no conservamos ningún texto sobre estos temas. Un temprano e importante hallazgo técnico se reflejó, sin embargo, en la literatura, habiendo confirmado modernamente la arqueología la veracidad del testimonio escrito. En la segunda mitad del siglo VI, el ingeniero griego Eupalino de Megara, seguramente al servicio del tirano Polícrates, construyó un túnel en la colina de Castro, en Samos, para asegurar el abas-

tecimiento de agua a la ciudad. El túnel, de unos 900 metros de longitud, se empezó por ambos lados de la colina, siendo determinados los correspondientes puntos por la existencia de un arroyo en el lado de la colina opuesta a la ciudad y por la necesidad de una salida en el lado próximo a la misma. Es aún un misterio cómo se resolvió el problema de coordinar las operaciones de los excavadores de ambas partes para que se encontrasen en el centro. Se equivocaron sólo en poco más de un metro. Un escritor griego posterior, Herón de Alejandría, que vivió hacia el siglo II de nuestra era, expone un problema que recuerda esa antigua realización técnica. La formula así: "Trazar un túnel recto a través de una montaña, dados los dos puntos de abordaje". Después de dar la solución matemática, concluye confiadamente, "si el trabajo se realiza de esta forma, los dos equipos se encontrarán". Pero es sorprendente que un ingeniero griego de Megara poseyera esta base teórica en el siglo VI. Un famoso trabajo de ingeniería alejandrino, acabado hacia el año 280 a. de C,, pocos años después de la muerte del primer Ptoloméo, fue la construcción en el puerto de una torre luminosa de mármol blanco, el "Faro", probablemente de cuatro o cinco pisos de alto, que sirvió de guía a los barcos durante el día. Su utilización como faro en el sentido moderno, fue al parecer una adaptación tardía.

De los tres matemáticos clásicos de la época alejandrina, nos resta ocuparnos de Apolonio de Perga, que vivió hacia el año 240 a. de C. Es famoso principalmente por sus trabajos sobre las secciones cónicas. El tema había sido abordado en primer término por Menecmo, discípulo de Platón y Eudoxo, unos cien años antes, y posteriormente tratado por Euclides y Arquí-

medes. La tarea de Apolonio, como la de Euclides en los *Elementos*, fue reunir, sistematizar y completar las contribuciones de sus predecesores. Su obra fue una autoridad en la materia hasta Descartes. Constaba originalmente de ocho volúmenes, de los cuales cuatro se conservan en griego y otros tres en traducción árabe.

Por último, hemos de referirnos a Hiparco, que vivió a finales del primer período alejandrino. Murió hacia el año 125 a. de C. y es considerado generalmente como el más grande de los astrónomos antiguos. Nació en Nicea, Bitinia —es destacable la procedencia asiática de tantos grandes científicos—, pero vivió la mayor parte de su vida en Rodas y Alejandría. Su nombre se halla unido a un proceso que, considerado superficialmente, parece una regresión en la historia de la ciencia. Hiparco abandonó la hipótesis heliocéntrica de Aristarco para volver a la geocéntrica, pero lo hizo basándose en razones objetivas. Los métodos perfeccionados de observación aportaron nuevos datos para esclarecer la variación de las distancias y las irregularidades de los movimientos del sol, la luna y los planetas, y el sistema de Aristarco que suponía que la tierra giraba alrededor de un círculo en cuyo centro estaba exactamente el sol, fue incapaz de explicar estos nuevos fenómenos. Hiparco intentó explicar los movimientos aparentes de los planetas mediante un elaborado sistema de epiciclos que funcionó mejor que la hipótesis de Aristarco. Su teoría tenía también la ventaja de no chocar con el prejuicio popular, cambiando a la tierra de su lugar tradicional en el centro del universo.

Hiparco dispuso no sólo de los resultados de siglo y medio de trabajo en el observatorio de Alejandría, sino también de los informes, mucho más antiguos,

de los astrónomos babilonios. Hemos visto ya cómo utilizó estos informes, llegando a determinar con más exactitud la duración del año tropical y del mes medio lunar. Se le deben también otras dos importantes contribuciones. Describió la precesión de los equinoccios, lo que equivale a observar que las longitudes de todas las estrellas fijas aumentan cincuenta segundos por año. Su convicción de que este descubrimiento había sido posibilitado por conservarse las observaciones de astrónomos anteriores, le animó a realizar un esfuerzo prodigioso en interés de la posteridad. Hizo un mapa de la posición de unas 850 estrellas y anotó sus características especiales para que generaciones posteriores fueran capaces de determinar si habían cambiado de posición, tamaño y brillo con el transcurso del tiempo. Así pues, la ciencia, tanto al final como al principio de este período de esplendor, reflejó su principal característica, que es un sentimiento de solidaridad entre las generaciones, de cooperación entre el pasado, el presente y el futuro. El arte es largo, la vida breve.

IX. — EL MUNDO GRECORROMANO

El extraordinario prestigio del idioma y de la cultura griegos en la época alejandrina se manifiesta, entre otras cosas, por el hecho de que en esta época comenzaron a absorber a representantes de varias civilizaciones más antiguas. Un sacerdote egipcio, Maneto, y otro babilonio, Beroso, escribieron historias de sus propias civilizaciones en griego, de las cuales aún existen fragmentos. También un astrónomo babilonio adoptó el nombre macedónico de Seleuco y publicó sus trabajos científicos en griego. Fue el único en su época que apoyó la hipótesis heliocéntrica de Aristarco, siendo también famoso por sus correctas teorías acerca del movimiento de las mareas.

Los judíos alejandrinos adoptaron también la lengua griega, hasta tal punto que se hizo necesario traducir al griego las escrituras hebreas para utilizarlas en las sinagogas de Egipto. Un acontecimiento único en la historia del mundo fue la terminación de la traducción del *Pentateuco* y de los textos proféticos, que costó aproximadamente ciento cincuenta años. Esta versión griega del Antiguo Testamento, la de los *Setenta*, fue, en efecto, la base de la formación intelectual y del idioma de los escritores del Nuevo Testamento. Los judíos de habla griega, apoyados en las ideas de la versión de los *Setenta* y expresándose en su idioma, fueron los propagandistas de la nueva religión que

estaba destinada a conquistar el mundo grecorromano y a proporcionar las bases de la civilización propia de la Europa moderna.

Tales fueron las importantes conquistas de la lengua griega en Oriente. Por un momento, pareció que iban a ir seguidos de conquistas igualmente importantes en Occidente. A finales del siglo III, Roma, tan poderosa políticamente como débil culturalmente, empezó a escribir su historia en griego. Pero este movimiento, iniciado por Quinto Fabio Víctor y Lucio Cincio Alimento, fue detenido por el ejemplo y los argumentos del viejo Catón en la segunda mitad del siglo II. Catón se burló de que los romanos escribieran en griego, y ofreció a los escritores romanos su propia historia en latín. La posibilidad de que el griego llegara a ser el único medio cultural de la sociedad romana en Occidente no llegó a realizarse y, desde mediados del siglo II, la civilización se convirtió gradualmente en bilingüe. Había empezado la época grecorromana.

Este período no conoció un gran progreso científico. Los logros del mismo se deben a los esfuerzos de pueblos de habla griega, de los que vamos a tratar en primer término. Pero la principal tarea del historiador de la ciencia en esta época es comprobar la falta de éxito de los romanos, que no crearon nada al asimilar la ciencia griega. De ello, en efecto, dependió el tipo de cultura que los romanos fueron capaces de difundir entre los pueblos recién conquistados de la Europa occidental. La verdad, desgraciadamente, es que en el terreno científico los romanos no fueron alumnos aventajados. A su fallo se debe en gran medida que sólo en el siglo XVII se alcanzara en las ciudades occidentales europeas el grado de cultura científica que se había logrado en Alejandría dos mil años antes.

Los avances conseguidos por los griegos en el período grecorromano — que abarca aproximadamente desde la mitad del siglo II a. de C. hasta la caída del Imperio Romano de Occidente a principios del siglo V de nuestra era — correspondían principalmente a la esfera de las matemáticas, la astronomía y la geografía. Pero hubo también un gran médico y un gran botánico.

El centro principal de los estudios científicos continuó siendo Alejandría, donde se crearon dos nuevas ciencias: la trigonometría y el álgebra. En lo que concierne a la primera, los hechos principales son los siguientes. El astrónomo Hiparco había construido una tabla de cuerdas de arcos circulares, que incluía ángulos de diferentes tamaños. Ello equivalía a una tabla de senos trigonométricos. El tema fue desarrollado ulteriormente por Menelao en el siglo I de nuestra era. Más tarde, en el siglo II, el gran geógrafo y astrónomo Ptolomeo, del que nos ocuparemos más adelante, preparó una minuciosa tabla de cuerdas, que incluía una serie de ángulos, empezando por medio grado y aumentando medio grado cada vez. El álgebra fue la obra del Diofanto, que floreció hacia el año 250. De su *Aritmética* en trece volúmenes han sobrevivido los seis primeros. En ellos se constituyó virtualmente la ciencia del álgebra, aunque sin la simbología conveniente que, junto con el mismo nombre de álgebra, debemos a los árabes.

Ptolomeo, al que nos acabamos de referir, dio forma definitiva a la astronomía y a la geografía de la Antigüedad. En astronomía aceptó el sistema geocéntrico propuesto por Hiparco y lo completó en un tratado conocido generalmente por su título árabe de *Almagest*. Fue el texto fundamental de la ciencia astronómica hasta que, tras la publicación del trabajo de Copérnico

en 1543, la hipótesis heliocéntrica comenzó a ser aceptada en Europa. La idea principal del *Almagest* es explicar las irregularidades de los movimientos de los planetas mediante el sistema de epiciclos introducido por Hiparco. En este sistema, en el que se mantuvo el movimiento de todos los astros alrededor de la tierra, se introdujeron dos modificaciones: 1) La tierra no está exactamente en el centro de la órbita celeste; la excentricidad existente explica las cuatro estaciones, ya que permite variaciones en el transcurso del año de la distancia del sol a la tierra. 2) Cada planeta tiene una segunda órbita propia, su epiciclo. Es decir, no solamente comparte el movimiento general alrededor de la tierra, sino que también se mueve en un círculo más pequeño cuyo centro está situado en la circunferencia de la órbita del planeta alrededor del sol. Esta fue la formulación final de la respuesta que los griegos dieron al antiguo problema planteado por Platón. Para ser justos con el gran científico que fue Ptolomeo, debemos señalar que seguramente se dio perfecta cuenta de que su respuesta era solamente una construcción matemática y no una representación absolutamente correcta de los movimientos de los cuerpos celestes.

La geografía de Ptolomeo también recoge la tradición de Hiparco. De Hiparco asumió la doctrina de que todos los puntos geográficos deben ser determinados astronómicamente, las latitudes por referencia a la altitud del polo y las longitudes por un método dependiente de la observación de los eclipses lunares. Pero la norma fue demasiado difícil para la época; se carecía de tiempo y de medios para la realización de tan gran empresa. En la *Geografía* de Ptolomeo, seis de los ocho libros están dedicados a señalar la posición de unos 8.000 lugares. Están localizados por latitu-

des al norte del ecuador y longitudes al este de las islas Afortunadas (Canarias). Pero las determinaciones no están hechas en la mayoría de los casos astronómicamente, sino por medio de la información proporcionada por los viajeros. Naturalmente, son a menudo muy inexactas.

Además de sus logros trigonométricos, astronómicos y geográficos, conservamos, para gloria de Ptolomeo, un magnífico trabajo de experimentación, En su *Optica* recoge los resultados de su investigación del fenómeno de la refracción. Experimentó con varios medios (cristal, agua, aire) y ofreció tablas de los ángulos de refracción, no siempre correctas. Su técnica no parece haber alcanzado el nivel de su inspiración original. Sin duda, sugirieron esta línea de investigación las observaciones astronómicas.

En geografía política, a diferencia de la geografía astronómica, el principal representante griego fue Estrabón. Nació en Amasea, en el Ponto, hacia el año 64 a. de C., de ascendientes griegos y asiáticos. Tras viajar mucho y escribir una obra histórica que no se ha conservado, dedicó sus energías y su talento, en la última década de la época pagana, a la redacción de una revisión panorámica de todas las tierras incluidas dentro de las fronteras del Imperio Romano, cuyos diecisiete libros han llegado hasta nostros prácticamente intactos. En su libro primero ofrece, según la costumbre entonces vigente, una revisión crítica del trabajo de sus predecesores en el campo geográfico. En su segundo libro intenta, sin mucho éxito, exponer la parte matemática de la geografía. En los quince libros restantes se ocupa del tema que domina mejor, exponiendo, en un griego fluido y de lectura fácil, una descripción inteligente de las costumbres, instituciones e historia

de los principales países del mundo civilizado. El trabajo es típico de la época. Obra maestra de erudición griega, es la creación de un hombre de ascendencia mixta nacido en las costas remotas del mar Negro y firme defensor de la dominación política de Roma.

Igualmente representativa del nuevo mundo grecorromano es la biografía del único gran médico que vivió entre el período de Herófilo y Erasístrato y el resurgir de la medicina en el Renacimiento. Galeno nació hacia el 130 de nuestra era en Pérgamo, que en aquel tiempo era un centro cultural de casi la misma importancia que Alejandría. Después de estudiar filosofía y medicina en su ciudad natal, continuó sus estudios médicos en Esmirna, Corinto y Alejandría, y finalmente marchó a Roma donde fue médico de la corte del emperador Marco Aurelio. Fue uno de los más prolíficos escritores de la Antigüedad. Aunque más de la mitad de sus obras se han perdido, se conservan cerca de cien tratados médicos y filosóficos. Un autor tan prolífico tiene el peligro de ser descuidado y prolijo, y de que se olvide buena parte de su producción. Tal es el carácter y éste ha sido el destino de muchas de las obras de Galeno. Sin embargo, como sistematizador e investigador es de capital importancia.

Basándose en la tradición de la escuela hipocrática, estudió y comentó sus libros, y complementó sus teorías con la doctrina teleológica de Aristóteles. Al igual que Aristóteles, subordinó la forma anatómica a la función y tuvo como ideal descubrir la mente divina en cada detalle particular de la naturaleza. Pero, también como Aristóteles, fue un activo investigador, que practicó la disección de animales vivos y muertos, y obtuvo resultados de valor permanente. Los más importantes corresponden a la neurología. Sus experimentos sobre

la médula espinal, descritos en su tratado *Sobre las operaciones anatómicas*, consistieron en seccionar la médula espinal del mono a distintos niveles y mostrar cómo desaparecen el movimiento y la sensibilidad en las partes por debajo de la sección. Constituyen una página clásica en la historia de la ciencia, y tuvieron una influencia directa sobre Vesalio en el siglo XVI. Su precisa demostración de que las arterias contienen sangre y no aire, mediante la cual corrigió el error de Erasístrato, fue un paso importante en el camino hacia el descubrimiento de la circulación de la sangre. El experimento consistió en ligar una arteria en dos puntos a cierta distancia. En la incisión en cualquier punto entre las ligaduras se encontró sangre que llenaba la arteria. El resultado y la técnica llegaron a Harvey, el descubridor de la circulación de la sangre, a través de Vesalio y de sus discípulos.

Debido a la maestría con que trató cada aspecto anatómico, fisiológico, terapéutico, ético, filosófico e histórico de la medicina, los escritos de Galeno fueron hasta el siglo XVI la autoridad incuestionable en este campo. Merecía sobradamente esta posición de autoridad; que la autoridad fuera incuestionable no fue culpa de Galeno. Y cuando Vesalio, el restaurador de la investigación anatómica en el siglo XVI, se atrevió a señalar los errores de Galeno, fue contra sus seguidores más que contra el maestro con quienes combatió. Reviviendo la práctica de Galeno, derrotó a los galenistas.

Otra obra científica maestra de esta época que mantuvo su autoridad hasta los tiempos modernos fue la *De materia medica* de Dioscórides. Consiste en un catálogo y descripción en cinco libros de unas seiscientas plantas consideradas curativas. El autor, como todas

las figuras científicas de este período, procedía de la parte oriental del Imperio. Dioscórides nació en Cilicia y escribió su libro a mediados del siglo I de nuestra era.

El más importante progreso de la parte latina del Imperio al asimilar la cultura científica griega fue la recreación de la misma lengua latina. Como instrumento de deliberación y administración, la lengua latina tenía ya a mediados del siglo III a. de C. motivos para ser admirada por la humanidad. Pero era un idioma inflexible con un vocabulario pobre, apropiado sólo para la expresión de una reducida gama de ideas políticas. Los primeros historiadores de Roma fueron griegos o romanos que escribieron en griego. La lengua griega permaneció durante todo este período como el principal idioma de la cultura superior en Roma. Pero el amor propio de los romanos exigía que sus ideales no tuvieran como único medio de expresión la lengua de los griegos conquistados. Se inició por ello un movimiento para crear una literatura nacional en lengua latina. Los escritores latinos aprendieron de los griegos, y generación tras generación se enfrentaron a los problemas de traducir, adaptar o imitar las obras maestras de la literatura griega. El vocabulario se amplió, los giros de expresión se multiplicaron, y la gama de ideas expresables en su lengua aumentó enormemente. Cada escritor romano fue un consciente gramático y estilista. La totalidad del saber gramatical griego fue asimilado y adaptado al latín, a veces de manera torpe, mientras el estudio de la retórica griega daba ponderación y sutileza a un medio de expresión que pronto aspiró a la cumbre de la elocuencia. Hacia el final del período republicano y más aún después de la Era augusta, es decir, aproximadamente hacia el comienzo de la Era cristiana, la literatura latina pro-

dujo una serie de grandes obras maestras. La capacidad para comprenderlas y apreciarlas sirve todavía como garantía de poseer una cultura literaria superior. El latín se amoldó sucesivamente a los propósitos del poeta, el historiador, el orador y el filósofo. Soportó el peso principal del esfuerzo de Europa occidental en estos campos hasta tiempos bastante modernos. Incluso en la esfera de la ciencia, las primeras obras maestras modernas se redactaron en este idioma, continuando el uso del latín para propósitos científicos, en creciente competencia ya con las lenguas vernáculas modernas, hasta el siglo XVIII.

El primer logro importante de la lengua latina en el proceso de incorporar las ideas científicas y filosóficas de los griegos, fue el poema *De rerum natura* de Lucrecio (muerto el año 54 a. de C.). Fue también el más destacado. El atomismo de Demócrito había alcanzado nueva vigencia en la Atenas del siglo III a. de C. gracias al filósofo Epicuro, que encabezó una corriente intelectual diametralmente opuesta a la de Platón. Mientras que Platón resaltó la importancia de la vida futura, Epicuro creyó sólo en la presente. Platón luchó contra los materialistas científicos, y Epicuro, por el contrario, basó su filosofía en ellos, rechazando únicamente la teoría del determinismo mecánico. Para Epicuro, la paz de la mente está en la comprensión de que los fenómenos destructivos de la naturaleza, truenos y relámpagos, terremotos e inundaciones, plagas y pestes, podían ser todos explicados por la acción de los átomos en el vacío, no implicando la hostilidad de los dioses encolerizados hacia el hombre; y en una ulterior comprensión, que el alma, al igual que toda estructura de átomos y vacío, es mortal y por tanto no sujeta a torturas en la vida futura, contra la

creencia que la imaginación popular y la prosa de Platón habían presentado con tan terrorífica vivacidad. Lucrecio asimiló la doctrina de Epicuro y su base atomista la vertió en forma poética según el modelo filosófico de Empédocles. Su poema no contiene nada original, excepto la noble y ferviente elocuencia del escritor y su eminente capacidad para la sistematización y exposición ordenada del material. Es indudablemente una obra maestra de la literatura, el mayor poema filosófico de la historia, pero desde cierto ángulo es también una obra maestra del pensamiento científico, si consideramos que la ciencia no es solamente una técnica sino una filosofía, una mentalidad, una manera de ver las cosas, una fe en la razón. El sagrado placer en el espectáculo de la naturaleza y en el conocimiento de sus leyes, la necesidad de un conocimiento de esas leyes para poder vivir rectamente, el deber de someter la mente a la evidencia de los hechos observados, estas ideas no han sido expresadas nunca con tal poder y belleza como en la austera elocuencia de *De rerum natura.*

Cicerón, que era coetáneo de Lucrecio, hizo también un notable esfuerzo para incorporar a la literatura romana la parte que consideró mejor del pensamiento griego. Magnífico y hábil traductor, en su juventud puso en buenos versos latinos un poema astronómico griego, el *Phaenomena* de Arato, que expone las ideas astronómicas de Eudoxo de forma popular. Pero su principal producción la escribió en prosa. Menos riguroso que Lucrecio, e incapaz de dedicar tiempo, en los intervalos de su intensa vida pública, a un estudio tan activo como el que requería la composición del poema *Sobre la naturaleza de las cosas,* se contentó con un tema más popular y menos exigente. Redactó de esta

forma una obra en tres volúmenes, extraída como las otras de fuentes griegas, *Sobre la naturaleza de los dioses*. En ella expone las concepciones epicúrea y estoica del gobierno del universo y las critica desde el escepticismo propio de la Academia de los últimos años. Fue un pensador agudo y un escritor exquisito, con una mente ágil e impresionable y una capacidad para la elevación moral, que encontró compensación en la literatura tras las sórdidas exigencias de la vida pública romana.

Uno de sus tratados más atrevidos y útiles es el titulado *Sobre la adivinación*. En él se propone analizar concienzudamente la totalidad del problema, tan importante para la sociedad antigua, de la posibilidad de predecir el futuro por signos y agüeros, por las estrellas, los sueños y cosas semejantes. "Hay una antigua creencia —dice en sus palabras introductorias—: procedente de tiempos fabulosos y firmemente arraigada por el asentimiento general del pueblo romano y de todas las naciones, según la cual la adivinación está al alcance del hombre." Cicerón se opone con vigor y acierto a dicha creencia, tan presente en las costumbres de su propio pueblo, y concluye con una terminante condenación: "Hay que reconocer que la superstición, ampliamente difundida entre los pueblos, se ha aprovechado de la debilidad humana para influir en la razón de casi todos los hombres. En mi tratado *Sobre la naturaleza de los dioses* ya defendí este punto de vista y ahora he dedicado el presente escrito a demostrar que es correcto. Pienso, en efecto, que prestaría un gran servicio a mi patria y a mí mismo si consiguiera extirpar de raíz esta superstición". Una página, en suma, de gran nobleza dentro de la literatura latina.

Mientras que Lucrecio y Cicerón se interesaron por

la capacidad que tiene la ciencia de liberar a la mente humana de la superstición, Celso, que escribió algo más tarde (aproximadamente el año 30 de nuestra era), es el mejor ejemplo romano de un autor puramente científico. Celso redactó una enciclopedia comprensiva de las distintas ramas de la ciencia griega. Desgraciadamente, sólo conservamos la sección dedicada a la medicina. Este texto, de notable importancia, está totalmente basado en fuentes griegas, lo mismo que las obras de Lucrecio y Cicerón, sin que exista prueba alguna de labor original. Pero Celso, al igual que los dos autores citados, demuestra tener capacidad típicamente romana para dominar la materia de la que trata y exponerla de forma lógica y coherente. Por ello, su obra es, en conjunto, la mejor exposición general sobre el tema que nos ha legado la Antigüedad.

Muy inferior es la información de Vitrubio, ingeniero militar de la época de Julio César y Augusto que, al ser jubilado, dedicó su tiempo libre a la redacción de un trabajo *Sobre arquitectura* en diez libros. Los siete primeros tratan de arquitectura propiamente dicha, el octavo de aguas y canales, el noveno de relojes de agua y el décimo de máquinas. La obra fue de utilidad práctica en el Renacimiento y es estudiada en la actualidad por su importancia histórica. Pero su exposición es tan oscura y confusa, que hace dudar de si Vitrubio era realmente capaz de comprender los originales griegos.

La mente romana estaba más orientada a la erudición que a la investigación, por lo que su producción característica fue la enciclopedia. En la misma línea que Celso, también autor de una enciclopedia, está Varrón (116-27 a. de C.), el más culto de los escritores romanos. Varrón distinguió nueve artes liberales —gra-

mática, dialéctica, retórica, geometría, aritmética, astronomía, música, medicina y arquitectura— y escribió sobre todas ellas. De sus escritos solamente se han conservado dos, un tratado *Sobre agricultura* y una parte de su obra *Sobre la lengua latina.*

Por el contrario, una enciclopedia posterior, la de Plinio el Viejo (23-79 de nuestra era), ha llegado completa hasta nosotros. Es una *Historia natural* en treinta y siete libros, que tratan de cosmología, geografía, antropología, zoología, botánica, medicina, mineralogía, magia y arte. Desde nuestro punto de vista, resulta una miscelánea desordenada sin mucha ilación, pero fue tan laboriosa su compilación que se justifica la afirmación de Lynn Thorndike en su *History of Magic and Experimental Science* de que es "quizá la fuente aislada de más importancia para la historia de la civilización antigua". Plinio no aporta nada original a la ciencia excepto su omnívora curiosidad por todos los secretos de la naturaleza, curiosidad que considera que únicamente él poseía entre los romanos. No obstante, merece pasar a la posteridad como expositor de los descubrimientos de los demás. Su libro es la compilación de unas dos mil obras de cerca de quinientos autores, de los cuales más de los dos tercios son griegos. Su sobrino, Plinio el Joven, lo describe como "un importante trabajo por su extensión y erudición" (lo cual no es más que la pura verdad), "y tan variado como la misma naturaleza" (lo cual se considera como su alabanza más merecida).

A Plinio, y en grado menor a Vitrubio, debemos gran parte de lo que conocemos de la química del mundo antiguo. Como se desprende de lo que expusimos en nuestro primer capítulo, la historia de la quí-

mica de los egipcios y babilonios se puede conocer principalmente a través de los objetos que conservamos procedentes de sus industrias. Se admite generalmente que los griegos asimilaron los conocimientos químicos de los egipcios, pero los textos egipcios más antiguos son manuscritos redactados en griego del siglo III de nuestra era. Estos manuscritos incluyen varios centenares de recetas químicas, pero el problema consiste en determinar la fecha de origen y el desarrollo posterior de estos conocimientos, indudablemente tradicionales. Unos seiscientos años antes tenemos un interesante testimonio acerca del estado de la química griega en los escritos de Teofrasto, el discípulo de Aristóteles. En su obra *Sobre las piedras* describe de forma clara muchos minerales y los productos que se obtienen de ellos. Debemos destacar especialmente su notable descripción del yeso. De su *Historia de las plantas* se puede también citar su exposición de los métodos para preparar carbón animal y para recoger resina de los árboles. Y de su obra *Sobre los perfumes*, la primera descripción del baño maría como medio para disponer de calor moderado en la preparación de dichas sustancias.

Pero nuestros conocimientos sobre la química antigua serían extraordinariamente reducidos si no se hubieran conservado los textos de Vitrubio y Plinio. Ambos, por ejemplo, describen el proceso de recuperación de oro en pequeñas cantidades por amalgamación. Y es bien conocido el fragmento de Plinio sobre la falsificación de piedras semipreciosas tales como el berilo, el carbunclo, el zafiro y el opal. No hay fraudes, dice, que produzcan mejores beneficios; y para evitar posibles víctimas menciona las pruebas que pueden aplicarse, como examinarlas a la luz del sol y examinar

sus pesos relativos, la sensación de frialdad que producen en la boca y su diferente dureza. Los ejemplos se pueden multiplicar indefinidamente para demostrar la amplitud y variedad de las prácticas químicas antiguas, que, sin embargo, no encontraron una base teórica adecuada. La teoría atomista de la constitución de la materia fue abandonada, y los cuatro elementos tradicionales, tierra, aire, fuego y agua proporcionaron una base insuficiente para el análisis químico.

Séneca, el filósofo estoico y tutor del emperador Nerón, escribió también sobre materias científicas en su obra *Cuestiones naturales*. Con lucidez y acierto, divulgó en un estilo agradable temas como la formación del arco iris y las razones para el crecimiento periódico del Nilo. Pero su contribución pertenece en cierto sentido a la era precientífica. Celso, en su obra sobre medicina ya citada, afirma de Hipócrates que "fue el primer hombre que separó la medicina de la filosofía". Séneca nunca percibió la distinción entre ciencia y filosofía. Para él la verdad científica se establece por razonamientos más que por experimentos. Séneca, como otros romanos ilustrados, estuvo interesado por los resultados, pero no por el método de la investigación científica.

El único geógrafo romano fue Pomponio Mela, que nació en España y floreció a mediados del siglo I de nuestra era. No es necesario decir que su obra es de carácter descriptivo más que matemático. A partir de fuentes griegas algo anticuadas, describe un recorrido circular por tierras mediterráneas. El estilo, que es muy agradable, es el característico de los escritores científicos romanos. No es el de un libro de texto, ni el de un investigador original, sino el de un artista que da forma literaria a un material prestado. Mela traza el

plano general de la tierra tal como la conocía, la disposición de las principales masas de tierra y agua, y la división de la tierra en cinco zonas. Luego se ocupa de los tres continentes conocidos, África, Asia y Europa. No da distancias ni medidas. Por esta razón, el trabajo apenas alcanza el nivel de las mejores réplicas romanas a la ciencia griega. Los tratados de Celso y Vitrubio, aunque este último fuese defectuoso, fueron concebidos como sólidos manuales prácticos. La obra de Mela pertenece al estilo llamado, según costumbre francesa, "para señoras", en el que los detalles complicados son sistemáticamente omitidos. Desgraciadamente, la mayor parte de la literatura científica romana consiste en transformar la sólida ciencia griega en "belles lettres" latinas.

Nos resta mencionar el notable fracaso del esfuerzo de la cultura romana para asimilar las matemáticas griegas. La actitud romana la refleja Cicerón en la introducción de sus *Cuestiones Tusculanas*. "Los griegos —observa— tuvieron al geómetra en la más alta estimación, por lo que nada progresó con más esplendor que las matemáticas. Pero nosotros hemos establecido como límite de este arte su utilidad en medir y contar." No debe suponerse que Cicerón está aquí criticando la actitud romana. Al menos, si ésta era su intención, se cuida mucho de no manifestarla abiertamente; no en vano acababa de afirmar que "los romanos siempre mostraron más sabiduría que los griegos en sus inventos, o todavía más, mejoraban los que tomaron prestados de ellos, en el supuesto de que los considerasen dignos de atención seria". Aparentemente, las matemáticas no entraron en esta categoría. Existe una razón por la cual se puede legítimamente simpatizar con los romanos. La frecuente insistencia de los griegos sobre

la inutilidad de las matemáticas para fines prácticos actuó naturalmente como un freno para la mente práctica de los romanos. Sin embargo, las consecuencias de esta incapacidad romana para las matemáticas fueron muy importantes. Asimilaron los resultados de la ciencia griega pero no su método, aprendiendo los enunciados de las proposiciones de Euclides sin preocuparse de las pruebas. Por consiguiente, quedaron a la merced de los recursos intelectuales de la mitad oriental del Imperio. La revisión hecha bajo Augusto fue llevada a cabo gracias a la ayuda de especialistas de Alejandría, lo mismo que Julio César había confiado en la ayuda de un astrónomo alejandrino, Sosígenes, para su reforma del calendario. Pero cuando la mitad oriental del Imperio se separó de la occidental, cuando el conocimiento del griego disminuyó en la mitad occidental y el latín quedó como único idioma de la cultura, su escaso contenido científico positivo, su insegura comprensión del significado y el método de la ciencia, y su completo fracaso para crear una tradición de investigadores, hizo imposible una educación basada en el conocimiento de la naturaleza e incluso que lo tuviera en cuenta. La educación se centró más en las palabras que en las cosas. Disciplinas como la retórica, la gramática y la lógica no desaparecieron por completo, pero la naturaleza fue un libro que no se consultó directamente.

X. — RESUMEN Y CONCLUSIONES

La decadencia y el resurgir del espíritu científico. El papel del cristianismo

A mediados del siglo II a. de C., el ritmo del progreso científico griego se redujo notablemente. Hacia finales del siglo II de nuestra era dicho progreso se había paralizado. Si deseamos ampliar el período de actividad científica griega al siglo VI para incluir los nombres de Simplicio y Filopón, tendremos que admitir que por entonces, a pesar de la brillantez de algunas teorías, el comentario sobre los textos antiguos había llegado a ser más importante que la investigación activa. En los siglos que siguieron hasta la aparición de los árabes, la ciencia sufrió un completo retroceso. Es conveniente que hagamos un breve resumen de los hechos expuestos antes de intentar comprender la naturaleza de la decadencia.

La historia de la ciencia como proceso continuo empieza con los griegos jónicos en el siglo VI a. de C. Sin embargo, los griegos tuvieron predecesores; y aunque todavía no conocemos bien la conexión entre las civilizaciones arcaicas y la griega, las investigaciones recientes tienden a confirmar la vieja tradición griega de que su ciencia tenía sus raíces en las civilizaciones anteriores de Egipto y Babilonia.

En estas dos culturas encontramos pruebas de una

multitud de técnicas que implican conocimientos empíricos de las propiedades de muchas cosas de la naturaleza y un uso racional de los mismos.

De ambas civilizaciones poseemos también textos que recogen logros importantes en campos particulares del conocimiento positivo. De Egipto procede un sorprendente fragmento de genuina ciencia médica, que plantea la posible existencia de otros, así como el problema de su origen. Hemos visto que no podemos en ningún sentido escribir una historia de la ciencia en el Oriente antiguo, porque el material es demasiado fragmentario. Por otra parte, en Babilonia la astronomía alcanzó un notable nivel. Las observaciones recogidas durante siglos e interpretadas matemáticamente oondujeron a un auténtico cuerpo de conocimientos que fue continuamente verificado, perfeccionado y mejorado.

Sin embargo, al pasar de Oriente a Grecia nos encontramos en una atmósfera completamente nueva. Los viejos astrónomos de Mesopotamia eran miembros de una corporación sacerdotal cuya función era detectar en la aparición o movimiento de los cuerpos celestes cualquier amenaza de peligro para su país o su rey. La novedad de la "indagación de la naturaleza" de los jonios y sus seguidores es que aparece como la tarea de una serie de personalidades, movidas por su curiosidad intelectual acerca de "la naturaleza de las cosas". Una vez iniciado, el movimiento tuvo suficiente fuerza para perpetuarse. Constituye un nuevo desarrollo de la conciencia humana, cuyas vicisitudes pueden ser reconstruidas a lo largo de siglos y cuya influencia llega hasta hoy. El método de investigación fue tan nuevo como su motivación. Descansaba en el

supuesto implícito de que el universo entero es inteligible en términos de la experiencia cotidiana.

Su optimismo, sin embargo, fue ingenuo, ya que el problema era más complejo de lo que los jonios suponían. "La diferencia entre el razonamiento y los hechos en que se basa" (Arnold Reymond) marcó las mentes de los hombres y preparó el camino para la gran revolución intelectual unida a los nombres de Sócrates y y Platón. Las condiciones del conocimiento científico se convirtieron en tema de análisis. El universo del hombre se dividió en mental y material, y tras un período en que Platón intentó reducir la ciencia a una pura actividad de la mente, Aristóteles solucionó provisionalmente la cuestión creando la lógica y la psicología.

El resultado del análisis aristotélico de la existencia fue diferenciar en ella dos elementos: materia y forma. La forma es el aspecto inteligible de lo que existe, la materia lo tangible. El objeto de la ciencia es llegar al conocimiento de las formas. La doctrina de la forma, aplicada al mundo de las plantas y los animales, condujo a valiosos resultados. Las plantas y los animales permiten observar un proceso, un ciclo vital, en el que, a partir de un comienzo relativamente pequeño y caótico, madura el individuo perfecto, que luego envejece y muere. Si consideramos que el individuo en su madurez ha realizado plenamente su forma, podemos entender el proceso vital como un dominio continuo de la forma sobre la materia. La forma es lo que impone unidad e identidad a un contenido material cambiante, tanto en el individuo como en las especies. Las ciencias biológicas se constituyeron sobre estas bases en el Liceo.

La doctrina de la forma no fue tan útil en el cam-

po de la física. Los procesos físicos no culminan con la madurez de una forma individual que puede ser considerada como la meta del esfuerzo de la naturaleza. Se trata más bien de conectar suceso tras suceso y de determinar la ley de su conexión. Lo que el avance de la física necesitaba era una doctrina de la fuerza más que una doctrina de la forma. Ni la concepción teleológica de la biología aristotélica ni el modelo de la inteligibilidad lógica requerida por las ciencias matemáticas fue útil para el progreso de una ciencia, cuyo desarrollo en el Renacimiento se conseguiría únicamente mediante la observación y la experimentación, aceptando el hecho de que un suceso sucede a otro sin pretender conocer por qué ocurre así.

Únicamente una escuela, la de los médicos hipocráticos, se acercaron a esta concepción. Fueron también los primeros que enunciaron claramente el ideal de la ciencia como servicio a la humanidad. La idea tan corriente hoy, a pesar de su escasa realización práctica, de que la ciencia debe beneficiar a la especie humana, fue proclamada en primer término por los médicos hipocráticos, que asimismo se organizaron para su consecución.

La ciencia que alcanzó más madurez entre los griegos fue la matemática, que en gran medida constituyó el modelo de las otras ciencias. Su ambición de conseguir que cada parte de las matemáticas fuera una serie lógica de deducciones a partir de unos pocos principios evidentes, revolucionó la ciencia que había asimilado de los egipcios y babilonios. El éxito fue completo mientras la ciencia permaneció pura y sin aplicación. Pero el resultado no fue tan bueno cuando se intentó organizar las ciencias empíricas bajo el mismo plan deductivo. La estática y la hidrostática de Arquí-

medes están explicadas en una serie de proporciones conectadas maravillosamente, cuya coherencia lógica excita la admiración de los lectores. Pero su espíritu es muy diferente al de un laboratorio moderno, en el que se enseña la técnica experimental, a medir, pesar, tabular resultados y hallar promedios. Arquímedes está todavía bajo el dominio de la idea, bastante correcta en el mundo abstracto de la matemáticas puras, de que lo que es lógico existe. La noción de ley científica como promedio le resulta completamente ajena. No es sorprendente que la física y la química hiciesen pocos progresos firmes. Los griegos experimentaron con vapor y aire comprimido; investigaron las leyes de la refracción, reflexionaron acerca del problema de la transformación de unas sustancias en otras y formularon una teoría atomista. Pero nunca practicaron de manera sistemática la medición de los acontecimientos físicos. La conexión entre las matemáticas y la física se les escapó.

A comienzos del siglo III a de C., al principio de la época alejandrina, el prestigio de la ciencia fue tan grande que los gobernantes vieron en ella un instrumento de poder y la incorporaron a su política para promover su progreso. En Alejandría, se pusieron por vez primera los recursos de un estado poderoso en manos de los científicos. Donde era posible el progreso, se consiguió con extraordinaria rapidez.

Los grandes logros prácticos de los alejandrinos fueron la medición del espacio y del tiempo. Confeccionaron mapas celestes y de la tierra; consiguieron que el calendario tuviera una precisión maravillosa; perfeccionaron el reloj de sol y el de agua hasta tal punto que el Imperio Romano se convirtió en una sociedad regulada por el reloj. Pero cuando buscamos

las causas de la paralización del progreso científico debemos concluir que fue esencialmente un fenómeno interno. La ciencia griega no fue asesinada, sino que murió. Había alcanzado el límite de expansión posible dentro del molde en que había sido concebida.

Una cuestión central es la causa por la que el saber teórico no se aplicó a la invención de máquinas que proporcionaran comodidades, y la razón por la que las máquinas que se inventaron eran más bien juguetes que inventos que economizasen trabajo. La respuesta adecuada parece que hay que referirla a la vigencia de la esclavitud. La baratura de los esclavos en una época en que se disponía de los conocimientos necesarios privó a la sociedad de motivos para este desarrollo. Parecería increíble, por ejemplo, que no se inventase maquinaria para extraer minerales, si no tuviésemos en cuenta lo barato que resultaba el trabajo de los esclavos y criminales. Con todo, la pura estupidez humana puede explicar mucho. En el problema de los transportes, por citar otro ejemplo, investigaciones recientes han revelado el hecho sorprendente de que durante toda la Antigüedad el método de enjaezar animales era tan ineficaz, que la tracción animal resultaba inadecuada para trasladar las cargas más pesadas y este trabajo tenía que ser realizado por hombres. Una victoria afortunada, al significar la esclavitud del ejército derrotado, resultaba la ocasión propicia para emprender una amplia exploración de canteras, trasladar enormes bloques de piedra y construir templos a los dioses. La piratería, como fuente permanente de provisión de esclavos, fue tolerada por el gobierno romano. Fue una parte integrante del sistema social.

La aversión hacia el trabajo manual por parte de los hombres libres, influyó también negativamente en

el desarrollo de la ciencia. Los científicos experimentales no pueden prescindir de sus manos. Los grandes avances en biología realizados por Aristóteles y en anatomía y fisiología humana por Herófilo, Erasístrato y Galeno, se hicieron a costa de trabajo personal áspero y desagradable, disecando animales vivos y muertos. En el conocimiento de la estructura y funcionamiento del cuerpo humano no se hizo ningún avance serio entre Galeno y Vesalio, lo que Vesalio atribuye categóricamente al abandono de la práctica personal de la disección, debido al desprecio del hombre nacido libre hacia el trabajo manual. "Cuando los médicos más de moda en Italia, a imitación de los antiguos romanos, despreciando el trabajo manual, empezaron a delegar en esclavos las atenciones manuales que estimaban necesarias para sus pacientes, fue... cuando la medicina se hundió... Cuando la práctica de todas las operaciones manuales fue confiada a los barberos, no sólo olvidaron los médicos el verdadero conocimiento de las vísceras, sino que pronto desapareció la práctica de la disección, sin duda porque los médicos no intentaban operar, mientras que a quienes se había confiado la habilidad manual eran demasiado ignorantes para leer las obras de los maestros de la anatomía." Una y otra vez repite su acusación, exhortando a los jóvenes a volver a la práctica de los antiguos griegos y afirmando que su propia hazaña de restaurar la anatomía a su lugar adecuado dentro de la medicina, se debía por completo a su práctica personal de la disección.

En las limitaciones del ideal científico griego, en la ineptitud de los romanos para el estudio y en las condiciones sociales de la época, podemos hallar, por tanto, razones idóneas y válidas para explicar la para-

lización del progreso científico y el fracaso en la aplicación del conocimiento teórico a fines prácticos. Pero queda todavía por explicar la razón de que acabaran perdiéndose los logros científicos ya alcanzados. Desde el siglo VI al X, en grado menor en el Oriente de habla griega que en el Occidente latino, la humanidad retrocedió en el camino del saber. La mayoría de los textos de la ciencia antigua pereció; el resto quedó archivado en bibliotecas monásticas, sin las cuales hubiera también desaparecido, pereció para la mente de los hombres. Vamos a continuación a ocuparnos de este fenómeno.

Se ha convertido en una moda atribuir la decadencia de la ciencia antigua a la influencia del cristianismo. La Iglesia primitiva, con su visión apocalíptica de la proximidad del fin del mundo, fue indudablemente hostil o indiferente a la ciencia. Pero el cristianismo fue sólo una entre varias religiones rivales, y parece más acorde con la realidad considerar el hundimiento de la ciencia como una de las condiciones que favorecieron la propagación de estas religiones, que ver en el triunfo de una de ellas la explicación de la extinción de la ciencia. Las más importantes de dichas religiones fueron la adoración de la diosa madre Cibeles, de Attis, de Baco, de Isis y Osiris y de Mitra. Todos estos cultos habían ganado numerosos adeptos en el mundo grecorromano antes del triunfo del cristianismo. La principal diferencia de este último con los primeros estribaba en que aquéllos adoraban poderes naturales deificados, mientras que los cristianos adoraban un Dios exterior a la naturaleza, aspecto que iba a ser de gran significación para el renacimiento de la ciencia.

Más perjudicial para el desarrollo de la ciencia que ninguna de las religiones mencionadas, fue la su-

perstición pseudocientífica que inundó la sociedad antigua con el beneplácito de sus más eminentes científicos y de casi todas sus escuelas filosóficas ya en la inercia de su propia decadencia. Un ejemplo de tal superstición es la concepción astrológica del gobierno del universo. La resumiremos de acuerdo con una exposición del historiador Diodoro Sículo. Los caldeos enseñan, dice, que el cosmos es eterno, que no ha tenido principio y no tendrá fin. Es un todo ordenado bajo el control de la divina providencia. Ninguna cosa en los cielos ocurre al azar o por sí misma, sino que todas son llevadas a cabo de acuerdo con una decisión definida, establecida por los dioses. Tras observar las estrellas durante mucho tiempo y aprender los movimientos y poderes de cada una, los caldeos podían predecir la mayor parte del futuro humano. Merecían atención especial cinco planetas, que llamaron Intérpretes, porque por sus variados caminos entre las estrellas fijas revelaban al hombres la mente de los dioses. Bajo su dominio están treinta estrellas llamadas Dioses Consejeros, con deberes de supervisión del cielo y la tierra. De estos dioses doce tienen una autoridad especial, y a cada uno se le asigna uno de los signos del Zodíaco. Los movimientos del sol, la luna y los planetas tienen influencia decisiva para bien o para mal sobre el hombre en el momento de nacer. Hay también veinticuatro estrellas llamadas Jueces, que juzgan a los vivos y a los muertos.

En líneas generales esta doctrina armoniza bastante bien con la religión astronómica defendida por Platón en sus últimos años. Fue plenamente asimilada por el estoicismo que llegó a ser la filosofía característica de Roma. No hay que olvidar que ofrecía algunas ventajas efectivas. A pesar de su aspecto supersticioso, de-

bido al saber astronómico que incluía, fue la religión más científica de la Antigüedad; y al sustituir las deidades locales que presidían las diversas comunidades por los astros celestes como objetos de adoración, preparó el camino para el advenimiento de una religión universal y favoreció la política centralizadora de un gran imperio. Por el contrario, impuso a millones de personas una concepción del universo que hizo que los antiguos filósofos jónicos, con sus teorías cosmológicas, parecieran ateos presuntuosos, y fomentó la creencia en la adivinación de las estrellas, contra la cual habían luchado en vano intelectuales ilustres como Cicerón.

Una desgracia ulterior fue que esta cosmología astrológica se extendió al cuerpo del hombre. Hemos visto antes que las posiciones del sol, la luna y las estrellas se suponía que ejercían una influencia decisiva sobre el hombre al nacer. Se imaginó que existía una simpatía entre las partes del cuerpo humano y los signos del Zodíaco. El cuerpo humano se dividió en doce partes, cada una relacionada con un signo del Zodíaco, y se supuso que los planetas, la luna y el sol influían sobre cada hombre según el signo en que se encontraban al nacer. Cuando hablamos de que un hombre posee temperamento jovial, o lo describimos como de disposición saturnina o le llamamos lunático, estamos usando el lenguaje de la concepción astrológica del carácter y del destino humano.

Este esquema, conocido en la Edad Media como la doctrina del Macrocosmos, podía apoyarse en el *Timeo* de Platón. Por desgracia, este fantástico diálogo, parte del cual fue traducido por Cicerón y que en el siglo IV fue vuelto a traducir por el escritor cristiano Calcidio, fue en la alta Edad Media la guía para la

filosofía natural griega. Su apoyo de la doctrina del Macrocosmos y del Microcosmos fue una desgracia, porque esta doctrina destruyó por completo la tradición hipocrática y galénica en medicina.

La traducción de la Biblia hebrea también influyó negativamente en el desarrollo de la ciencia. El logro específico de los griegos fue una auténtica ciencia de la naturaleza. Los escritores del Antiguo Testamento, interesados por las acciones de Dios en la historia, no fueron filósofos naturales y compartieron las ideas sobre la naturaleza vigentes en su tiempo en el Próximo Oriente. Pero los escritores del Nuevo Testamento, interpretando el Antiguo como profecías sobre su Mesías inspiradas por Dios, le concedieron autoridad infalible sobre cualquier cuestión natural.

Al aceptar al pie de la letra la historia de la creación del Génesis, se abrió la puerta a un extraño desarrollo. Por un curioso proceso lógico, se arguyó que, ya que Dios había creado el mundo en seis días y mil años no eran más que un día en la visión del Señor, la duración completa del mundo debía ser de seis mil años. Tras ello vendría el Milenio, que correspondía al Sábado en el que Dios descansó, y durante el cual los santos reinarían en la tierra. Luego vendría el Juicio final, y el cielo y la tierra desaparecerían.

Esta limitación de la historia del mundo a seis mil años, iniciada con el pensador sirio Bardesanes, tuvo una aceptación extraordinaria. Pero la limitación de la trayectoria de este perverso mundo a seis mil años, aunque debió de resultar consoladora para millones de hombres atormentados en aquel entonces, fue un golpe fatal para los supuestos de la ciencia. En el siglo IV, un padre latino, Quinto Julio Hilariano, acongojado por el hecho de que algunos cristianos pensasen que el mundo

tenía más de veinte mil años, trazó un esquema cronológico que dominó la Edad Media y duró hasta tiempos bastante modernos. Los puntos fijos en este esquema fueron la Creación o Comienzo del Tiempo, La Natividad o Plenitud del Tiempo, y el Juicio o Final del Tiempo. En la exacta cronología trazada por Hilariano, Dios había creado el mundo a las seis en punto de la mañana del equinoccio de primavera de 5.899 años antes. Según los cálculos hechos a base de la historia bíblica, desde la Creación al Diluvio pasaron 2.257 años, de éste al Éxodo 1.389, de aquí a la caída de Jerusalén y la cautividad 1.168, de ésta a la Pasión 719, y quedaban todavía 101 años antes del Milenio.

Esta cronología convirtió en algo carente de sentido ideas como la expuesta por Heródoto, según la cual podía tardar diez o veinte mil años la formación de un territorio como el Delta del Nilo por depósito aluvial de un río, o la expresada por Platón de que nueve mil años antes Ática había sido una zona frondosa, rica en tierra fértil, que la erosión lenta había arrastrado. Se plantearon aún más complicaciones cuando el Milenio no llegó. Cada año que durara el mundo después de los 101 permitidos por Hilariano había de ser descontado del principio. De esta forma, mientras que Hilariano había propuesto 5.550 años entre la Creación y la Natividad, el obispo Ussler se vio obligado en el siglo XVII a reducir el intervalo a 3.999 años, dos meses, cuatro días y seis horas, lo cual daba algún tiempo de margen antes del fin del mundo. Sin embargo, no dejó suficiente tiempo para la historia anterior de la humanidad.

Igual que con la historia, ocurrió con otras ramas del saber. La interpretación literal de la Biblia produjo resultados sorprendentes. El más ilustrado de los

padres griegos, Orígenes, en el siglo II, esforzándose por encontrar sitio para todos los animales en el Arca de Noé, llegó a curiosas conclusiones acerca de su tamaño. Le calculó 54.000 metros de largo, 1.500 metros de ancho y 500 metros de alto, lo cual convierte a Noé en el más grande ingeniero naval de la historia. Pero a medida que el arca crecía, el mundo se empequeñecía. San Agustín, a principios del siglo V, se vio obligado a negar la existencia de hombres en los antípodas porque, siendo inaccesibles al mensaje evangélico, estarían privados de la esperanza de salvación. Y un siglo más tarde, Cosmas Indicopleustes, en su *Topografía cristiana*, emprendió la tarea de refutar la teoría de que la tierra es redonda. Su objetivo era probar la concepción vigente doscientos años en la Iglesia, según la cual el tabernáculo de Moisés era el modelo del Universo. Basándose en la autoridad indiscutida de la Biblia, afirmó que la tierra debía ser un plano con altas murallas al norte, sur, este y oeste, cerrado por una cubierta semicilíndrica o cielo. En el norte hay una montaña muy alta alrededor de la cual los cuerpos celestes son transportados por ángeles, produciéndose así el fenómeno de la noche y el día, los eclipses, etc. Shelley fue más exacto de lo que el mismo quizá sospechaba, cuando se quejó de que el advenimiento del cristianismo había convertido al mundo en "un cúmulo indistinguible".

En realidad, la ciencia física no es alentada por la Biblia. Su preocupación es otra: la salvación del pueblo y del individuo por la rectitud. El milagro impregna el contenido de ambos Testamentos. Y el celo de Jehová puede fácilmente parecer que está dirigido tanto contra la filosofía natural como contra los dioses falsos. La serie de cuestiones con la que silenció a Job es muy

significativa: "Jehová respondió a Job desde el seno de la tempestad y dijo: ¿Quién es éste que empaña el consejo con razones sin sentido? Ciñe tus lomos como un hombre: voy a interrogarte y tú me contestarás ¿Dónde estabas tú cuando fundaba yo la tierra? ¿Sobre qué se afirmaron sus bases? ¿Quién encerró el mar con doble puerta? ¿Tiene padre la lluvia? ¿Quién engendra las gotas de rocío? ¿Puedes tú anudar los lazos de las Pléyades o desatar las cuerdas de Orión? Job, naturalmente, comprendió a la perfección lo que se esperaba de él: y Job respondió a Jehová: He hablado a la ligera, ¿qué voy a responder? Me taparé la boca con mi mano".

Entre los escritores cristianos se hizo habitual la práctica de intentar confundir a los físicos griegos de manera semejante a como Jehová había confundido a Job. Víctima de este hábito fue el simpático autor de la *Epístola a Diogneto*, obra del siglo II, en la que se reflejan los aspectos más positivos del cristianismo, tales como su caridad, su mansedumbre y su seguridad de paz interior. "¿Escucharás — dice — la vana charlatanería de sus autoridades filosóficas, algunas de las cuales dicen que el fuego es Dios? Confunden su propio destino con la divinidad." Por su parte, Hermias, que publicó una *Burla de los filósofos paganos*, escogió las matemáticas pitagóricas, entre otras cosas, como objeto de sus ataques. "¿Mide Pitágoras el universo? Siento que el entusiasmo me estremece. Ya no me preocupo más ni por mi casa ni por mi patria, esposa e hijos. Me remonto a los cielos, tomo prestada la vara de Pitágoras y comienzo por medir el fuego. Que Zeus lo haya medido no es bastante. Si yo, gran criatura como soy, excelso espíritu como soy, no me remonto al cielo y lo mido, todo ha terminado para la

Providencia de Dios." De esta manera fue censurada la presunción de los filósofos naturales.

En la obra *Sobre la doctrina cristiana* (427 de nuestra era) de san Agustín, el enfrentamiento del saber pagano contra el cristianismo recibió una solución, destinada a fijar la estructura mental de la nueva Europa durante más de mil años. Para san Agustín lo necesario no es conocer el mundo sino conocer a Dios, y para conocer a Dios no es necesario estudiar la naturaleza sino la Sagrada Escritura. Todos los demás conocimientos deben estar subordinados a este fin. El griego y el hebreo deben estudiarse solamente porque son las lenguas de la Sagrada Escritura. La literatura griega pagana, con toda su tradición científica, deja de influir en los cristianos. La naturaleza debe ser estudiada también en tanto sea útil para la comprensión de las Escrituras. Los ejemplos que el mismo san Agustín ofrece son que conocer las serpientes nos ayuda a comprender un texto de san Mateo ("Ser astutos como serpientes y cándidos como palomas") y el salmo del hisopo ("Rocíame con hisopo y quedaré limpio"). Lo mismo afirma en lo que respecta a Aristóteles y Dioscórides. Las artes mecánicas no requieren estudio especial. La familiaridad que con ellas alcanzamos en el transcurso de la vida nos capacita para comprender las alusiones a las mismas existentes en las Escrituras. No es injusto decir que, en general, considera a la naturaleza simplemente como una posible ayuda para la comprensión de la Biblia. Desde su punto de vista, esta actitud es fácilmente comprensible. Para san Agustín el mundo no era más que el escenario efímero en el que se representa el drama del destino eterno del hombre. El libreto era la Biblia; el escenario estaba destinado a desaparecer en cual-

quier momento. Este es el significado de su principio fundamental de que "la sabiduría eterna es preferible a la pasajera". Concluye su obra con una célebre sentencia que descarta por superfluos a todos los saberes paganos: "Cualquier conocimiento que el hombre adquiera fuera de la Sagrada Escritura, si es perjudicial, está en ella condenado; si es saludable está en ella contenido".

Podría parecer que san Agustín estaba dispuesto a arrojar por la borda la totalidad de los saberes paganos que en los tiempos modernos con tanta paciencia tratamos de recuperar. En realidad no fue así. En este mismo tratado hizo una importante contribución a la ciencia, cuando, como ya hemos señalado, distinguió claramente entre astrología y astronomía, condenando a la primera y asignando a la segunda un puesto entre las ciencias que merecen la atención del cristiano.

Fue capaz de hacer esta contribución precisamente por su adhesión a la tradicional ética monoteísta de la Biblia. Abraham, cuando abandonó Ur en Caldea, se oponía ya a la adoración de la naturaleza practicada en dicha ciudad. Moisés, cuando condujo a su pueblo fuera de Egipto y después le prohibió esculpir imágenes, estaba rechazando la adoración egipcia de la naturaleza. Su preocupación fue: "Cuando levantes tus ojos al cielo, cuando veas el sol, la luna, las estrellas y todo el ejército de los cielos no vayas a dejarte seducir y te prosternes ante ellos para darles culto". Esta rebelión estaba, por otra parte, basada en una llamada a la conciencia individual: "Porque estos mandamientos que yo te prescribo hoy no son superiores a tus fuerzas, ni están fuera de tu alcance. No están en el cielo para que tengas que decir: ¿Quién subirá por nosotros al cielo a buscarlos para que los oigamos y los

pongamos en práctica? Ni están al otro lado del mar, para que tengas que decir: ¿Quién irá por nosotros al otro lado del mar a buscarlos para que los oigamos y los pongamos en práctica? Sino que la palabra está bien cerca de ti, está en tu boca y en tu corazón para que la pongas en práctica". En las primeras páginas de este libro celebramos el descubrimiento griego de la razón individual, en virtud de la cual el hombre da o niega asentimiento a una verdad. No fue menos importante el descubrimiento hebreo de la conciencia individual, en virtud de la cual obedece o rechaza un mandamiento. Nuestra conducta depende, no sólo de lo que creemos que es verdad, sino de lo que consideramos sagrado. La ciencia puede ser éticamente neutra, pero no puede estar desprovista de conciencia.

El rechazo de la adoración de la naturaleza por parte de los hebreos y los cristianos tuvo todavía otra consecuencia. El peor error de Aristóteles surgió directamente de la teología astral procedente de los caldeos y defendida por Platón en sus últimos años. Intentando mejorar la astronomía teológica de su maestro, Aristóteles sustituyó las construcciones geométricas de la Academia por un sistema de esferas materiales cristalinas. Hacía falta, por tanto, dos sistemas mecánicos distintos: la mecánica celeste que se basaba en las propiedades del éter o quinto elemento, cuyo movimiento natural era circular, y la mecánica terrestre que se basaba en el movimiento natural rectilíneo de los otros elementos. No resultaba aplicable a la esfera celeste ninguna observación del mundo sublunar. La manzana hubiera caído en vano sobre la cabeza de Newton si esta teoría hubiera estado aún vigente en el siglo XVII. El hecho de que no lo estuviera se debe a Filopón, filósofo del siglo VI. Al convertirse al cris-

tianismo se opuso a la adoración de las estrellas que implicaba la esfera celeste de Aristóteles. Para Filopón, en efecto, la unidad de los cielos y la tierra se deducía de la doctrina de la creación. El sol, la luna y las estrellas eran, como el mismo hombre, partes de la creación que no merecían más adoración que los ríos, los montes, los animales o los árboles. El punto de vista de Filopón fue muy influyente. Sus escritos atrajeron el interés de los árabes y de los escolásticos occidentales, llegando a influir en Galileo.

Pero la separación de las esferas celeste y terrestre no era el único obstáculo para el progreso científico legado por Aristóteles. Igualmente paralizadora fue su limitada concepción de la *función* de la ciencia. En el período anterior de la ciencia griega, al menos algunos autores conectaron sus teorías con un progresivo gobierno de la naturaleza en beneficio de la humanidad. La medicina que siempre fue considerada como ciencia y como arte (es decir, como ciencia aplicada), es el mejor ejemplo. Pero más tarde, en el período de decadencia de la civilización griega, la ciencia llegó a ser considerada como el privilegio cultural de una minoría de ciudadanos mantenidos por el trabajo de siervos y esclavos. Entonces se hizo puramente teórica y perdió sus aplicaciones prácticas. Para Aristóteles, este estadio representó el cenit de la civilización y la ciencia. "Solamente cuando se aseguraron las necesidades vitales y las comodidades, empezó a aspirarse a la ciencia pura, la ciencia que existe por sí misma."

Esta ciencia contemplativa, considerada como la culminación de la cultura en la decadencia de la civilización griega, tenía un contenido teórico que probó ser de gran valor para la ciencia moderna, pero sirvió a un ideal distinto y tuvo una función mucho más li-

mitada que la "filosofía de las obras" (para utilizar la frase de Bacon) creada en los siglos XVI y XVII. A este respecto resultó de nuevo decisiva la inspiración bíblica. Si Dios creó al hombre a su imagen y semejanza, entonces el hombre mismo debe ser creador. Giordano Bruno expone de manera terminante esta cuestión con su fogosidad característica. "Los dioses han dado al hombre inteligencia y manos y le han hecho a su imagen... con el fin de que modificando la naturaleza con su libertad, sin la cual su parecido con la divinidad no existiría, pudiera al final convertirse en un dios terrestre." *(Spaccio della Bestia Trionfante.)* Francis Bacon es menos exaltado pero no menos convincente: "En las cosas artificiales —afirma— la naturaleza sigue las órdenes del hombre. Sin el hombre tales cosas nunca se hubieran hecho. Gracias a la obra del hombre aparece un nuevo aspecto de las cosas, un nuevo universo". Bacon relaciona explícitamente esta visión del verdadero papel de la ciencia con la promesa de dominio que Dios hizo a Abraham, y con su mandato de que llenara la tierra y la dominara.

De nuevo la actitud bíblica ante el trabajo ayudó a la ciencia moderna a superar el desprecio griego por el trabajo manual: "Comerás con el trabajo de tus manos", dice el salmista, "dichoso serás y todo te irá bien". San Pablo es igualmente explícito: "Ni comimos de balde el pan de nadie, sino que día y noche trabajamos con fatiga y cansancio, para no ser una carga para ninguno de vosotros... Os mandábamos esto: si alguno no quiere trabajar, que tampoco coma". Con los griegos llegó a ser un ideal atractivo la dedicación espartana a la guerra y el desprecio por el trabajo, que triunfó por encima del más sano sentido cívico de la democrática Atenas y envileció la vida griega. Es ilus-

trativo comprobar el desprecio del judío Flavio Josefo por el modo de vida espartano. "Una pequeña reflexión demostrará —escribe— que nuestra leyes nos imponen pruebas y trabajos mucho más duros que la tan alardeada disciplina espartana. Ellos nunca cultivaron la tierra ni trabajaron en el banco del carpintero, sino que, evitando toda forma de trabajo, pasaron sus vidas en la ciudad atildados y perfumados, dedicados únicamente a ejercicios que pudieran realzar su belleza física. Comían su pan en la ociosidad, dependiendo de otros para sus necesidades vitales, siendo la ambición noble y humana de destruir a todos los que se les opusieran en el campo de batalla la única cosa por la que estaban dispuestos a sacrificarse. ¿Debo decir que ni aun en esto tuvieron éxito?" *(Contra Apion).*

El desprecio de Josefo por el modo de vida griego es un precedente de un tema que iba a resultar dominante en el pensamiento de muchas de las primeras figuras creadoras de la ciencia moderna. La preocupación de Francis Bacon fue despertar a la humanidad de su aceptación pasiva de la pobreza, la enfermedad y la ignorancia. En su opinión, la solución reside en la colaboración más estrecha posible entre el artesano y el filósofo natural. Pero en una sociedad en la que los artesanos se relegaban a la condición de esclavos y donde la ciencia del ciudadano existía únicamente para satisfacción de la mente, ¿cómo podía lograrse una fructífera unión de teoría y práctica? Condenó a los griegos por su método de adquisición y transmisión de conocimientos. Sus conclusiones, extraídas por hombres sin contacto con la naturaleza, estaban basadas en pruebas insuficientes; su instrucción fue sólo verbal, de maestro a discípulo, no de investigador a aprendiz. Bacon pensó que este sistema era científicamente

frívolo y moralmente corrompido. Proporcionaba sólo temas de discusión, pero no medios para realizar un trabajo que aliviase las necesidades humanas.

Este tema de la inferioridad moral de los griegos comparada con los hebreos se repite una y otra vez en las obras de Bacon. Escogeremos uno de los ejemplos menos recordados. En su *Refutación de filosofías*, Bacon se imagina a un filósofo del nuevo estilo, intentando persuadir una asamblea internacional de hombres públicos importantes de la insuficiencia de la cultura griega: "Permitidme recordaros con las palabras del profeta la peña de donde fuisteis tallados, mientras que la nación cuya autoridad seguís es la griega". Sus oyentes comprenderían seguramente la alusión y recordarían el texto de Isaías: "Prestadme oído, seguidores de lo justo, los que buscáis al Señor. Reparad en la peña de donde fuisteis tallados y en la cavidad de pozo de donde fuisteis excavados... Porque el Señor consolará a Sión, consolará todas sus ruinas y trocará el desierto en Edén y la estepa en paraíso del Señor". Se manifiesta aquí toda la poesía y la pasión que inspiró el renacimiento de la ciencia, toda la fuerza de convicción de que la nueva Atlántida sería incomparablemente mayor que la perecida civilización de los pueblos mediterráneos del viejo mundo, porque estaba fundada en una visión más noble.

Los creadores de la ciencia moderna no desconocían los logros de los griegos. Vesalio empezó donde Galileo se había detenido, usando sus textos y, al principio, aspirando nada más que a corregirle. Leonardo recurrió a Arquímedes para encontrar su camino en la mecánica. Copérnico conocía su deuda con Ptolomeo. Francis Bacon no escatimó alabanzas para la biología de Aristóteles. Sin embargo, la ciencia moderna no era

simplemente una continuación de la tradición griega. Era una creación nueva. Era a la vez más práctica e idealista que la griega. Era más práctica porque tenía tras de sí una serie de importantes logros técnicos de la Edad Media: métodos perfeccionados de enjaezar el caballo de tiro y el caballo de silla, el molino de agua, el molino de viento, la sierra mecánica, las vidrieras, los anteojos, el arado con ruedas, el timón, las compuertas de esclusa, el reloj mecánico, y por último, la imprenta, que multiplicó los ejemplares, no sólo de los clásicos antiguos sino de las obras maestras de la nueva tecnología. Pero no era únicamente más práctica. Era más idealista, porque había descubierto en el esquema bíblico de la realidad una concepción más optimista del futuro de la humanidad. Éste es un tema que necesita unas palabras de explicación.

Para huir del fatalismo de las civilizaciones antiguas del Próximo Oriente era necesario abandonar por completo la adoración de la naturaleza propia de las antiguas mitologías, así como sus prácticas rituales. A pesar de que comúnmente se opina lo contrario, ello lo consiguió más eficazmente la ética monoteísta de los hebreos que el racionalismo de los griegos. En el mundo griego, las posibilidades de la filosofía natural para destruir la mitología fueron aprovechadas por los milesios y sus sucesores inmediatos. Ofrecieron una explicación bastante simple del universo recurriendo a las operaciones habituales que les servían para dominar su medio ambiente. No distinguieron entre fenómenos celestes y terrestres, sino que interpretaron los fenómenos del cielo y de la tierra más lejanos, inaccesibles y grandiosos, en los términos de su experiencia cotidiana más cercanos, íntimos o manejables. Ello se refleja en lo que ya hemos dicho acerca de la obra

de Tales, Anaximandro, Anaxágoras e Hipócrates. Cuando estos hombres expusieron sus ideas, la gente sensata dejó de creer que el tiempo estaba gobernado por los dioses, que los cuerpos celestes estaban compuestos de una materia distinta a la terrestre o que las enfermedades eran de origen divino. Pero, desgraciadamente, la ciencia no continuó esta prometedora trayectoria. Por razones difíciles de explicar, Platón prohibió la aplicación de concepciones mecánicas o físicas al sol, la luna y las estrellas; proclamó su divinidad y señaló la forma como debían ser adoradas. Esta reacción fue respaldada sin gran entusiasmo por Aristóteles, con su dicotomía entre el cielo eterno e inmutable y las cosas de la tierra inestables y finitas. A partir de entonces, el mundo griego cayó por decadencia natural en la complicada superstición astrológica que todo lo explicaba, no muy distinta del esquema mitológico de la realidad. Los hombres fueron otra vez muñecos en manos de los dioses de la naturaleza. Las civilizaciones se movían en círculos de florecimiento y decadencia y no podía hacerse nada para evitarlo.

La Biblia ha ofrecido en varias ocasiones una solución para este problema. En primer término, a comienzos de la era cristiana y más tarde, especialmente en los países protestantes, en los inicios de la ciencia moderna. La concepción hebrea del hombre, una vez desligado de la historia particular de un pequeño pueblo, ofreció a la especie humana una situación dentro de la realidad más central, segura y esperanzadora. Un dios creador —que con todo el debido respeto a nuestros racionalistas no tenía nada en común con los viejos dioses naturales, sino que se empeñó en destruirlos—, tan alejado de identificación con las cosas naturales y que, desprovisto de nombre, creó el mundo, vio

que era bueno y colocó al hombre en él como señor de la creación. El hombre perdió su dominio por desobediencia moral, pero no fue privado de la esperanza de que podía recobrar lo que era suyo por derecho original de la naturaleza, si volvía a la obediencia, creaba una filosofía natural adecuada mediante investigación perseverante y la usaba siempre y únicamente al servicio de la humanidad, "la gobernaba en la caridad", según la frase de Bacon.

A partir de este impulso se desarrolló el esfuerzo científico moderno, una de las empresas más esperanzadoras jamás emprendidas por el hombre. Se asimilaron las contribuciones de los griegos, esperando situarlas en un contexto social más puro. Ello condujo finalmente a la fundación de institutos de investigación mantenidos con fondos públicos. Se sumaron en ellos los esfuezos de técnicos y de filósofos (que a menudo eran las mismas personas). Se dio especial importancia a la rápida publicación de los resultados y a la colaboración entre todos los pueblos suficientemente avanzados e ilustrados para incorporarse al nuevo programa. Se subrayaron los aspectos beneficiosos para toda la humanidad. Estas grandes expectativas han sido cumplidas solamente en parte. La faz de la tierra ha sido cambiada en el espacio de poco más de trescientos años, lo mismo que la imagen del científico. La investigación, ahora multiplicada por millones, es fundamentalmente bélica y por ello secreta. Publicar los resultados logrados es una traición; tratar de llegar a ellos desde fuera es espionaje. La mayor parte de la investigación industrial padece las mismas restricciones. La pobreza no ha sido superada. Aumenta la distancia entre pueblos alimentados y pueblos hambrientos. El mar es atravesado por submarinos y el aire

surcado por aviones capaces de provocar en pocos minutos la muerte de más personas de las que existían en la tierra cuando se fundó la Royal Society. Hemos retrocedido de nuevo al punto cero y podemos concluir con una advertencia que no es ni griega ni hebrea, aunque tampoco ajena a ambas tradiciones. Plinio el Viejo, el mayor de los enciclopedistas de la Antigüedad, celebrando el destronamiento en sus días de algunos dioses mitológicos, afirma: "Para el hombre, dios significa ayudar a sus semejantes". La humanidad rehúye todavía dar expresión política a este ideal.

A.

4.00

3.00

3.0

2.0

1.4

B.

Ep

L

APÉNDICE CRONOLÓGICO

Culturas antiguas del Próximo Oriente

00 a. de C. Se llega a un conocimiento exacto de la periodicidad del crecimiento y descenso de las aguas del Nilo, del Tigris, del Éufrates y del Indo. La introducción del calendario egipcio, seguramente en el año 4.236, está ligada a este conocimiento.

00 a. de C. La escritura —jeroglífica en Egipto, cuneiforme en Mesopotamia— fue usada como instrumento para organizar la vida política y económica. Los faraones egipcios habían estado explotando durante mucho tiempo las minas de cobre del Sinaí.

000 - 2.500 a. de C. Época de la construcción de las grandes pirámides.

00 a. de C. Época feudal en Egipto. A esta época pertenecen los papiros de cirugía y de matemáticas, así como el código de Hammurabi.

400 a. de C. Se inventó la metalurgia probablemente en Asia menor. Los fenicios inventaron el alfabeto fonético. De él derivan los alfabetos griego y hebreo, que a partir del año 800 a. de C., aproximadamente, permiten el desarrollo de las literaturas hebrea y griega.

Principales obras y autores literarios

pica: La *Ilíada*, la *Odisea* y la *Teogonía* son anteriores al 700 a. de C.

írica: Arquíloco, floreció en el 648 a. de C.
Safo y Alceo, en el 600 a. de C.

Tragedia ática: Esquilo, Sófocles y Eurípides vivieron entre los años 525-406 a. de C.
Historiografía: Heródoto c. 484-425 a. de C.
Tucídides, 471-401 a. de C.

C. *Principales científicos griegos, junto a otros mencionados en el texto.*

Tales, fl. 585 a. de C.
Anaximandro, c. 610-546 a. de C.
Anaxímenes, fl c. 546 a. de C.
Pitágoras, c. 572-500 a. de C.
Jenófanes, c. 580-480 a. de C.
Heráclito, fl. c. 504 a. de C.
Parménides, fl. c. 475 a. de C.
Anaxágoras, 500-428 a. de C.
Zenón de Elea, fl. c. 464 a. de C.
Protágoras, 480-411 a. de C.
Gorgias, c. 483-375 a. de C.
Empédocles, fl. c. 445 a. de C.
Demócrito, fl. 420 a. de C.
Hipócrates de Chíos, fl. en Atenas, c. 450-430 a. de C.
Hipócrates de Cos, c. 460-380 a. de C.
Sócrates, 469-399 a. de C.
Arquitas, fl. c. 380 a. de C.
Platón, 427-347 a. de C.
Eudoxo de Cnido, c. 408-355 a. de C.
Heráclito de Ponto, c. 388-312 a. de C.
Aristóteles, 384-322 a. de C.
Teofrasto, sucedió a Aristóteles el 322 a. de C.
Epicuro, 341-270 a. de C.
Estratón, sucedió a Teofrasto el 288 a. de C.
Pitias de Marsella, fl. 330 a. de C.
Euclides, fl. entre 323 y 285 a. de C.
Herófilo, fl. entre 323 y 285 a. de C.
Erasístrato, fl. algo después de Herófilo.
Arquímedes, 287-212 a. de C.
Seleuco, astrónomo babilonio, fl. c. 250 a. de C.
Eratóstenes, c. 273-192 a. de C.
Apolonio, fl. c. 220 a. de C.

Dionisio de Tracia, fl. 130 a. de C.
Hiparco, fl. 125 a. de C.
Marco Terencio Varrón, 116-27 a. de C.
Lucrecio, 98-55 a. de C.
Cicerón, 106-43 a. de C.
Celso, fl. c. 30 d. C.
Pomponio Mela, fl. 43 d. C.
Séneca, murió en el 65 d. C.
Plinio el Viejo, 23-79 d. C.
Dioscórides, fl. 50 d. C.
Plutarco, murió el año 125 d. C.
Ptolomeo, murió después del 161 d. C.
Galeno, 129-199 d. C.
Bardesanes, 154-222 d. C.
Orígenes, c. 185-254 d. C.
San Agustín, 354-430 d. de C.
Q. Julio Hilariano, fl. 397 d. C.
Cosmas Indicopleustes, fl. c. 540 d. C.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Ciencia*

O. NEUGEBAUER, *The Exact Sciences in Antiquity*, 2.ª ed. (Providence y Cambridge, 1957).

M. R. COHEN y I. E. DRABKIN, *A Source Book in Greek Science* (Nueva York, 1948).

G. SARTON, *Introduction to the History of Science*, vol. 1 (Baltimore, 1927).

M. CLAGGETT, *Greek Science in Antiquity* (Nueva York, 1956).

S. SAMBURSKY, *The Physical World of the Greeks* (Nueva York y Londres, 1956).

S. SAMBURSKY, *Physics of the Stoics* (Nueva York y Londres, 1959).

S. SAMBURSKY, *The Physical World of Late Antiquity* (Nueva York y Londres, 1962).

W. A. HEIDEL, *The Heroic Age of Science* (Baltimore, 1933).

T. L. HEATH, *Aristarchus of Samos* (Oxford y Nueva York, 1913).

T. L. HEATH, *Manual of Greek Mathematics* (Oxford, 1931).

T. L. HEATH, *Greek Astronomy* (Londres, 1932).

CHARLES H. KAHN, *Anaximander and the Origins of Greek Cosmology* (Nueva York y Londres, 1960).

CHARLES SINGER, *Greek Biology and Greek Medicine* (Oxford, 1922).

CHARLES SINGER, *The Evolution of Anatomy* (Londres, 1925).

2. *Filosofía*

JOHN BURNET, *Early Greek Philosophy*, 4.ª ed. (Londres y Nueva York, 1963).

G. S. KIRK y J. E. RAVEN, *The Presocratic Philosophers* (Cambridge y Nueva York, 1957).

KATHLEEN FREEMAN, *A Companion to the Pre-Socratic Philosophers* (Oxford y Cambridge, Mass., 1947).
KATHLEEN FREEMAN (ed.), *Ancilla to the Pre-Socratic Philosophers* (Oxford y Cambridge, Mass., 1948).
W. D. ROSS, *Aristotle*, 5.ª ed. rev. (Londres y Nueva York, 1955).
WERNER JAEGER, *Aristotle*, 2.ª ed. (Oxford y Nueva York, 1948).

3. *Religión y mitología*

M. P. NILSSON, *A History of Greek Religion*, 2.ª ed. (Oxford y Nueva York, 1949).
P. REVERDIN, *La religion de la Cité platonicienne* (París, 1945).
FRANZ CUMONT, *Les religions orientales dans le paganisme romain*, 4.ª ed. (París, 1929).
HENRI FRANKFORT y otros. *Before Philosophy* (Harmondsworth, 1959).
S. H. HOOKE, *Middle Eastern Mythology* (Harmondsworth, 1963).
S. H. HOOKE, *Prophets and Priests* (Londres, 1938).
A. J. HESCHEL, *The Prophets* (Nueva York y Londres, 1962).
HERBERT BUTTERFIELD, *Christianity and History* (Londres, 1949).

4. *Historia*

M. ROSTOVTZEFF, *Social and Economic History of the Hellenistic World*, 2.ª ed., 2 vols. (Oxford y Nueva York, 1957).
W. W. TARN y G. T. GRIFFITH, *Hellenistic Civilization*, 3.ª ed. (Londres y Nueva York, 1952).
A. J. TOYNBEE, *Hellenism* (Londres y Nueva York, 1959).

ÍNDICE ALFABÉTICO

Abdera: 68.
abonos: 28.
Academia: 102-107, 142-145.
adivinación: 178-179, 193.
agua, como fundamento último: 33.
Agustín, san: 25, 197, 199-200.
Akkad: 17.
Alceo: 32.
Alcmeón: 58-59, 64, 73, 135-136.
Alejandría: 57, cap. VIII.
álgebra: 170-172.
alma: 95-115, 128, 133, 176.
anatomía: 58, 73, 135-136, 149, 173-174.
Anaxágoras de Clazomene: 64-66, 82, 90-91, 94.
Anaximandro: 32, 34-37, 59.
Anaxímenes: 32, 37, 59.
Apolonio de Pérgamo: 148, 165-166.
Arato: 177.
Aristarco de Samos: 8, 151-156.
Aristóteles: 46, cap. VII.
aritmética: 15, 55, 140.
Arquelao: 94.
Arquílico: 32.
Arquímedes: 10, 148, 151, 160-164.
arquitectura: 179.
astrología: 21, 25, 193-195.
astronomía: —en los egipcios, 13; —en los babilonios, 21-24; —en san Agustín, 25, 199; —en los griegos, 151-160, 170-174.
Asur: 17.
Asurbanipal: 18.
Atenas: 57, 64, 81-85, 142-145.
átomos, atomismo: cap: IV, esp. 67-71.
Attis, 192.
Augusto: 179, 184.

Baco: 192.
Bacon, Francis: 203-205.
Bacon, Roger: 81.
baño maría: 181.
Bardesanes: 195.
Beroso: 168.
Biblia, 168, 195-209.
bibliotecas: 147.
biología: 129-131.
bomba espiral: 160.
Bruno, Giordano: 102, 203.

Calcidio: 194.
Caldea, caldeos: 9, 193, 200.
calendario: —en los egipcios, 13; —en los babilonios, 22-23; —en los griegos, 105-107.
Calipo: 106, 122.
Catón: 169.
causas, causalidad: 69, 90-91, 124, 132-133, 146.
Celso: 179, 183.
cerebro: 59, 135-136, 149.
cero: 18.
Cicerón: 160, 177-179, 183.
ciencia experimental: 58, 63-64, 164, 188.
cigoñal: 12.
civilización: —china, 26; —india, 26.
clepsidra: 24, 63-64.
colección de historias clínicas: 76.
conocimiento, concepto de: —en los pitagóricos, 97; —en Platón, 180; —en el cristianismo, 200.
Copérnico: 8, 170-171.
corazón: 135-136, 149.
Cornualles: 158.
Cos: 72, 89.
Cosmas Indicopleustes: 197.
cosmología: 33-37, 44, 47-48, 193.
creación: 195.
cristianismo: 101, 192, 201-202.
cronología hebrea y cristiana: 195-196.
Crotona: 42, 58.
Ctesibio: 164.
cultos mistéricos y religiosos: 97, 192.
cuneiformes, escritos: 9.

Demócrito: 66, 68-71.
determinismo: 69, 71, 176.
diámetro de la Tierra: 153-155.
Dinostrato: 143.
Diocles de Caristo: 145.
Diodoro Sículo: 193.
Diofanto: 170.
Dionisio de Tracia: 150.
Dionisio II de Siracusa: 107.
dios: 42, 51, 52, 84, 98, 100, 111, 123; —cristiano, 192, 195, 198-199.
dioses: 29-30, 114, 193.
disección: 59, 116, 129, 173, 191.
"doríforo" u hombre de la lanza: 56.

eclipses: 23, 83, 154, 171.
eclíptica: 23.
Éfeso: 39, 41.
elementos: —de Empédocles, 61, 65, 96, 120, 146; —de Platón, 112; —de Aristóteles, 121.
embriología: 145.
Empédocles: 59-66, 68, 74, 138.
enciclopedistas: —Celso, 179; —Varrón, 179; —Plinio, 180.
Epicuro: 176-177.
epilepsia: 77.
equinoccios, precesión de los: 167.
Erasístrato de Quíos: 149, 173, 191.

Eratóstenes: 156, 158-159.
esclavos, esclavitud: 162, 190-191.
Esculapio: 73.
Esmirna: 173.
espacio: 50, 63, 69-70, 189; *véase también* vacío.
Espeusipo: 117, 143.
Esquilo: 82.
estoicismo: 193.
Estrabón, 172.
Estratón de Lampsaco: 145.
éter: 121.
ética: 98-100.
Euclides: 8, 45, 55, 143, 148, 151.
Eudoxo de Cnido: 54, 117, 122, 143.
Eufrates: 8, 26.
Eupalino de Megara: 164.
Eurípides: 83.
exploración: 157.

"Faro", el: 165.
fatalismo: 28.
fenicios: 157.
Filolao: 74.
filología: 141.
Filón de Bizancio: 164.
Filopón: 185, 201-202.
filosofía: 28-31, 33, 38-41, 43-47, 50-51, 56, 60, 72, 97; —de Roma, 193.
física: —pitagórica, 46-48, 56, 58, 70-97; —platónica, 111; —aristotélica, 123-124; —alejandrina, 151.
Flavio Josefo: 204.
Focea: 157-158.
forma: 46, 99-100, 126-128, 187-188.
fuego, como alma o razón: 43, 50.
fuelles: 12.
fuerza: 61, 188.

Galeno: 173, 191.
Galileo Galilei: 8, 102, 202.
Gémino de Rodas: 106.
geografía: 86, 156-160.
geología: 86.
geometría: 15-16, 19-20, 33, 43, 45, 83, 183.
Gorgias de Leontini: 84, 99.
gramática: 150-151, 175.

Halicarnaso: 84.
Hammurabi: 9.
Hanno: 157.
Harappa: 26.
Harvey: 149.
Hearth, sir Thomas: 54.
Hecateo de Mileto: 159.
Heráclides de Ponto: 144.
Heráclito de Éfeso: 39-41.
Hermias: 198.
Heródico de Selimbria: 75.
Heródoto: 84-87, 196.
Herófilo de Calcedonia: 149, 173, 191.
Herón de Alejandría: 165.
hidrostática: 163, 179, 188.
Hierón: 160.
Hiparco: 106, 170-171.
Hipócrates de Cos: 73-81.
Hipócrates de Quíos: 83.
Hipódamo de Mileto: 57, 85.
Hippias de Elis: 84.
Homero: 27-31, 85, 140.

Ico de Tarento: 75.
ideas de Platón, *véase* forma.
indeterminado, el: 34-35, 39.

Indo: 26.
ingenieros: 164-165.
inmortalidad del alma: 43, 97, 128, 176.
Isis: 192.
Isócrates: 142.

Jenócrates: 143.
Jenófanes de Colofón, 30, 86.
Job: 197-198.
Julio César: 148, 179, 184.
Justiniano: 144.

Kant: 36, 89.
Kegemmi: 9.

Laplace: 36, 89.
Lampón: 90-92.
latín: 177-180; —"belles lettres": 183.
latitud: 156, 158, 171.
Leucipo: 66-68.
ley natural: 69-71, 177.
Liceo: 118, 139.
lógica: 129, 187.
longitud: 156, 158, 171.
Lucio Cincio Alimento: 169.
Lucrecio: 62, 176-179.
luna: 83, 90, 111, 152-155; *véase también* astrología, astronomía.

Macedonia: 83.
macrocosmos: 194-195.
Mainake: 158.
Maneto: 168.
mapas: 39, 44, 148, 156, 158-159, 189; —astrológico, 167.
máquinas: 179, 190.
Marco Aurelio: 173.
Marsella: 158.
Massard, Jacques: 80.
matemáticas: —en los egipcios, 15; —en los babilonios, 18-22; —en los griegos, 43-49, 188; —en los romanos, 183.
materia: 50; —constitución de la, 65-71, 89; —espíritu y, 110-114, 117; —y forma, 46, 125-126, 187.
mecánica: 161.
medicina: —en los egipcios, 14-16, 186; —hipocrática, 73, 188; —de la escuela de Cos, 73, 89; —sacerdotal, 73; —de Galeno, 173-174; —de Celso, 179.
medición: 15, 19.
mediterráneo: 158-159.
Menecmo: 165.
Menelao: 170.
Menón: 140.
metales: 11-12, 28.
metempsícosis: 43, 96.
Metón: 106.
microcosmos: 195.
milenio, el: 195.
Mileto: 7, 32, 37, 66, 157, 159.
Milton: 83.
minoicos: 157.
Mitra: 192.
Mohenjo-Daro: 26.
Moisés: 197.
monismo: 60, 65.
movimiento, teoría del: 50, 53, 113.
museo de Alejandría: 141

navegación: 39.
Nerón: 182.
nervios, neurología: 149, 173.
Newton: 8.

Nicea: 166.
Nilo: 8, 13, 26, 86, 160, 196.
Nínive: 22, 23.
Noé arca de: 197.
números, teoría de los: 45-46, 55, 163; —sistema decimal de notación, 18; —sistema sexagesimal de notación, 18; sistema hindú de notación, 19; —irracionales, 49.
obras:
Almagesto: 170-171.
arenario, El: 163.
Burla de los filósofos paganos: 198.
cuadratura de la parábola, La: 163.
Cuestiones naturales: 182.
Cuestiones tusculanas: 183.
De generatione et corruptione: 138, 146.
De materia médica: 174.
De rerum natura: 62, 176.
Elementos de Euclides: 45, 151.
Epístola a Diogneto: 198.
Ética: 117.
Fedón: 100, 104, 116, 119.
Física: 123.
generación de los animales, La: 129, 133.
Geografía: 171.
Historia de las plantas: 181.
Historia de los animales: 129.
Historia natural: 180.
History of Greek Mathematics: 54.
History of Magic and Experimental Science: 180.
Ilíada: 28-31, 85.
Leyes: 111, 114, 123, 140, 143.
medición del círculo, La: 163.
Metafísica: 124-125, 139, 155.
Método de Arquímedes: 10.
movimientos de los animales, Los: 129.
Odisea: 28.
Óptica de Euclides: 151.
Óptica de Ptolomeo: 172.
Opus majus: 81
partes de los animales, Las: 129, 137.
Phaenomena de Arato: 177.
Phaenomena de Euclides: 151.
Poética: 140.
Problemas homéricos: 140.
Prometeo: 82.
República: 103, 106, 108, 119, 140, 143.
Sobre la adivinación: 178.
Sobre los aires, las aguas y los lugares: 85.
Sobre el alma: 128.
Sobre agricultura: 180.
Sobre arquitectura: 179.
Sobre los cielos: 119.
Sobre conoides y esferoides: 163.
Sobre los cuerpos flotantes: 163.
Sobre la doctrina cristiana: 199.
Sobre la enfermedad sagrada: 77.
Sobre el equilibrio de los planos: 163.

Sobre la esfera y el cilindro: 163.
Sobre espirales: 163.
Sobre la lengua latina: 180.
Sobre la medicina antigua: 77, 80, 88.
Sobre la Naturaleza: 34.
Sobre la naturaleza de las cosas: 177.
Sobre la naturaleza de los dioses: 178.
Sobre las operaciones anatómicas: 174.
Sobre los perfumes: 181.
Sobre las piedras: 181.
Sobre el sueño y la vigilia: 127.
Sobre los tamaños y distancias del sol y la luna: 152, 154.
Sofista: 110, 125.
Spaccio della bestia trionfante: 203.
Teeteto: 108, 116, 126.
Teogonía: 31, 38.
Timeo: 110, 120, 194.
Topografía cristiana: 197.
Vida de Marcelo: 161.

Orígenes: 197.
Osiris: 192.

papiro Edwin Smith: 15-16.
papiro Rhind: 15.
Parménides: 80.
Pisístrato de Atenas: 147.
Peloponeso, guerras del: 98.
perfumes: 181.
Pérgamo: 139, 173.
Pericles: 64, 82, 90-91.
período sotíaco: 14.
Persia: 81, 85.
perspectiva: 151.
peso y medida: 21.
piedras semipreciosas: 181.
pirámides: 12, 16.
Pireo: 57.
Pitágoras, pitagóricos: 42-49, 96-97.
Piteas: 158.
plan inteligente del universo: 95, 112-115, 120.
planetario: 160.
planetas: 122, 144, 171; *véase* astrología, astronomía.
plano de una ciudad: 57.
Platón: 29, 102-115.
Plinio, el Joven: 180.
Plinio, el Viejo: 180-181.
Plutarco: 90-91, 161.
polea: 161.
Policleto: 56.
Polícrates de Samos: 147.
política: 141.
polos: 24, 158.
Pompeya: 57.
Pomponio Mela: 182-183.
Priene: 57.
Protágoras de Abdera: 84, 98.
psicología: 129, 187; *véase también* alma.
Ptolomeo, astrónomo: 8, 170-171.
Ptolomeo I: 142.
Ptolomeo II: 147-148.

química: 181-182.
Quinto Fabio Víctor: 169.
Quinto Julio Hilariano: 195-196.

rarefacción: 37, 51, 59.
razón: 40-41, 50, 57, 80, 95-99, 128, 177; —en la Na-

turaleza, 135.
refracción: 172.
religión: 192-193.
reloj de agua: 24, 63-64, 154, 164, 179, 189.
renacimiento: 173, 179, 188.
Reymond, Arnold: 187.
Rodas: 57, 159.
romanos: 169; —como científicos, 182-184.
Ross, W. D.: 134-135.

Safo: 32.
Sakkara: 12.
sabiduría: 39-41, 111; —romana y griega, 183; —cristiana, 200.
Sargón I: 22.
Sayce, A. H: 27.
secciones cónicas: 165.
selección natural: 63.
Seleuco: 168.
Séneca: 182.
sensación, sentidos: 38, 39-40, 50, 57, 59-60, 80, 101, 108, 126-127.
sentido común: 126-127.
Shelley: 197.
Siene: 156.
sifón: 12.
Simplicio: 154-155.
Siracusa: 84, 108.
sistema decimal de notación: 15, 18.
sistema sexagesimal de notación: 18.
Snefru: 157.
Sócrates: cap. VI.
sofistas: 84.
Sosígenes: 184.
sol: 83, 90, 111, 152-155; *véase* astrología, astronomía.
Sumer: 17.

tablas (matemáticas): 19.
Tales de Mileto: 32-34.
técnica científica: 10-24, 164-166, 172, 185.
Teeteto: 143.
teleología: *véase* causa, 119.
Ténedos: 59.
tensión opuesta: 40.
Teofrasto: 139-140, 181.
Teudio: 143.
Thorndike, Lynn: 180.
Timgad: 57.
transmigración de las almas: *véase* metempsicosis.
trigonometría: 170, 172.
Tucídides: 87, 91, 98.
túneles: 164-165.
Turios: 57, 85.

universo, teorías sobre el: 112-115, 120-122, 151-154, 166-167, 168, 186, 197-198.
Ussler, obispo: 196.

vacío: 67, 176.
Varrón: 179.
Vesalio: 8, 11, 191.
Vitrubio: 179-181, 183.
vivisección: 59, 173.
voluntad: 71.

Zenón: 50, 52-55.
zodíaco: 23, 194.

ÍNDICE

	Prefacio a la edición de 1968 . . .	5
I.	Egipto y Mesopotamia	7
II.	Los orígenes de la ciencia griega· I: Las escuelas jónicas	27
III.	Los orígenes de la ciencia griega. II: Las escuelas italianas	42
IV.	El atomismo	56
V.	La medicina griega	72
VI.	Sócrates y Platón	93
VII.	Aristóteles. La restauración de la tradición jónica	116
VIII.	La época alejandrina	142
IX.	El mundo grecorromano	168
X.	Resumen y conclusiones	185
	Apéndice cronológico	211
	Bibliografía	215
	Índice alfabético	217

Los contenidos de este libro pueden ser reproducidos en todo o en parte, siempre y cuando se cite la fuente y se haga con fines académicos y no comerciales

Impreso en el mes de octubre de 1984
Talleres Gráficos DUPLEX, S. A.
Ciudad de la Asunción, 26
Barcelona-30